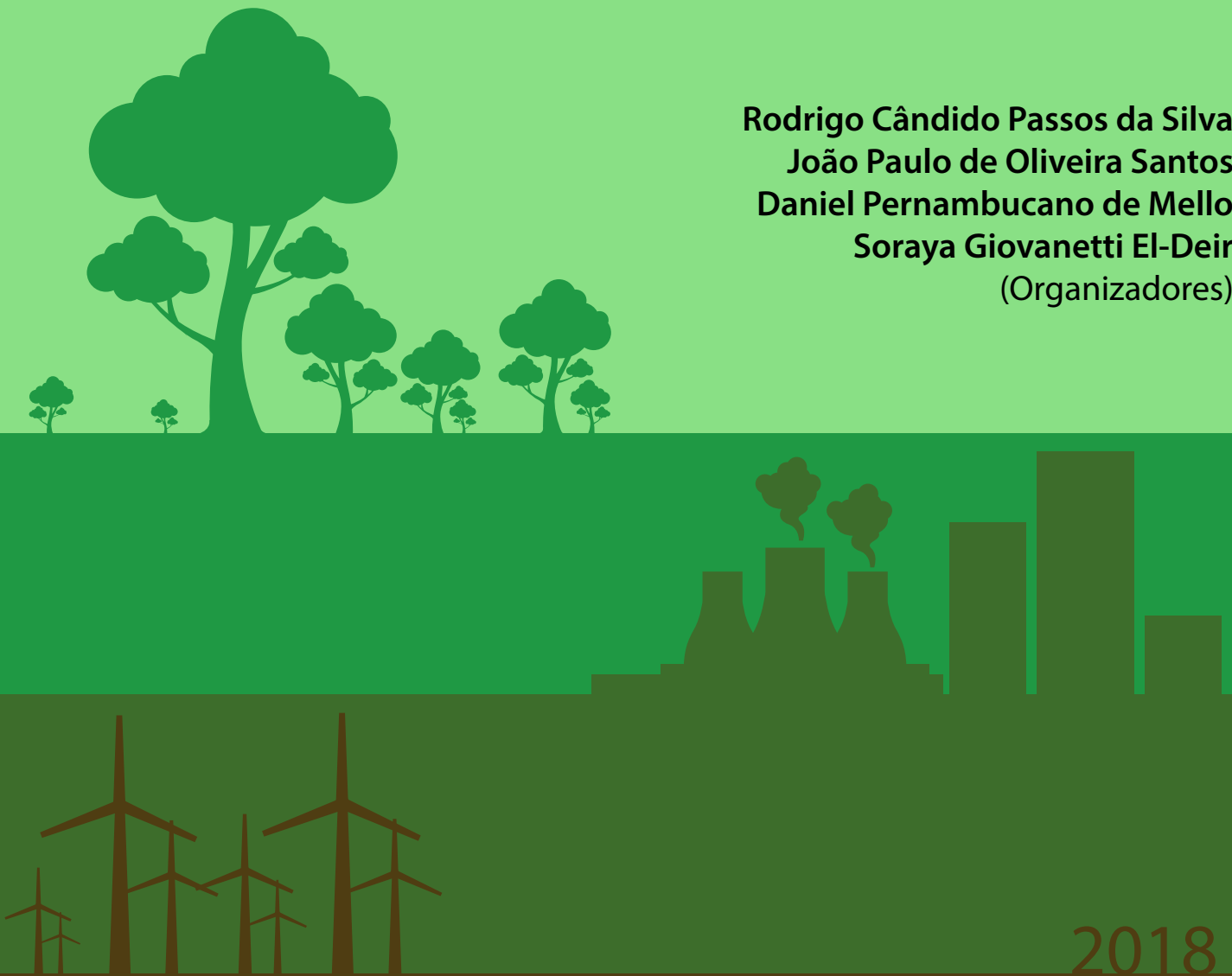


Resíduos sólidos:

Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular

Rodrigo Cândido Passos da Silva
João Paulo de Oliveira Santos
Daniel Pernambucano de Mello
Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)



2018

Resíduos Sólidos:

Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular

Rodrigo Cândido Passos da Silva
João Paulo de Oliveira Santos
Daniel Pernambucano de Mello
Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)

Gampe/UFRPE
Recife, 2018
1ª edição

Copyright © 2018 – Grupo Gestão Ambiental de Pernambuco – Gampe/UFRPE

Design e produção editorial: Rodrigo Cândido Passos da Silva

Capa original: Lednara Castro

Capa atual: atualizada por Bruno de Souza Leão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife - PE, Brasil

R433 Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular
/ Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira
Santos, Daniel Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-
Deir. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018.
536 p.: il.

Inclui referências.

ISBN:978-85-7946-314-3

.1. Sustentabilidade 2. Educação ambiental 3. Técnicas
4. Recuperação energética I. Silva, Rodrigo Cândido Passos da.
II. Santos, João Paulo de Oliveira. III. Mello, Daniel Pernambucano
de. IV. El-Deir, Soraya Giovanetti.

CDD 628

Apoio: A presente edição foi viabilizada através do apoio institucional da Editora da UFRPE e do VI Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do IV Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – Epersol.

Comissão Editorial

UFRPE	Prof. Dr.	Abelardo Antônio de Assunção Montenegro	IFAL	Prof. Dr.	Adelmo Lima Bastos
FAFIRE	Profa. Dra.	Aldenir de Oliveira Alves	IFPE	Profa. Dra.	Alessandra Lee Barbosa Firmo
UFPB	MSc.	Almir Alexey Brito Vital	UFPE	Prof. Dr.	Andre Maciel Netto
UPE	Profa. Dra.	Andrea Karla Pereira da Silva	UNINASSAU	Profa. Dra.	Andressa Ribeiro de Queiroz
ASCES	Profa. Dra.	Angela Maria Coêlho de Andrade	UFRPE	Prof. Dr.	Brivaldo Gomes de Almeida
IFPE	Prof. Dr.	Bruno Gomes Moura de Oliveira	IFPE	Profa. Dra.	Christianne Torres Paiva
IFCE	Profa. Dra.	Cieusa Maria Calou e Pereira	IFPE	Profa. Dra.	Claudia Wanderley Pereira Lira
ASCES	Prof. Dr.	Cláudio Emanuel Silva Oliveira	UFERSA	Prof. Dr.	Cláudio Rogério Cruz de Sousa
UFPB	MSc.	Dayse Pereira do Nascimento	UNICEUMA UNICAP, IFPE	Prof. Dr.	Denilson da Silva Bezerra
UFCS	Prof. Dr.	Edevaldo da Silva Elen Beatriz Acordi Vasques	UFPB	Profa. Dra.	Elisangela Maria Rodrigues Rocha
UFRJ	Profa. Dra.	Emília Rahnemay Kohlman Rabbani Market	UFRPE	Profa. Dra.	Emmanuela Prado de Paiva Azevedo
Analysis	Prof. Dr.	Fabian Antonio Echegaray	UFRPE	Prof. Dr.	Fernando Porto Neto
UFG	Prof. Dr.	Francis Lee Ribeiro	UFCG	Profa. Dra.	Giliara Carol Diniz de Luna-Gurgel
UFMA	Prof. Dr.	Gregori da Encarnação Ferrão Iara Terezinha Queiros Pereira dos Santos	Ascens	Prof. Dr.	Henrique John Pereira Neves
IFBA	Profa. Dra.	Isabela Cristina Gomes Pires	IFPE	Profa. Dra.	Ioná Maria B. Rameh Barbosa
UFMA	Profa. Dra.	Ivo Vasconcelos Pedrosa	UFS	Prof. Msc.	Ítalo Emanuel Rolemberg dos Santos
UPE	Prof. Dr.	João Manoel de Freitas Mota	IFPA	Profa. Dra.	Jaqueline Maria Soares da Silva
IFPE	Prof. Dr.	José Fernando Thomé Jucá	FGV	Prof. Dr.	José Carlos Barbieri
UFPE	Prof. Dr.	José Flávio Timoteo Júnior	UFCG	Prof. Dr.	José Ferreira Lima Júnior
UFERSA	Prof. Dr.	Kalinny Patrícia Vaz Lafayette	IFRN	Prof. Dr.	Julio Cesar de Pontes
UPE	Profa. Dra.	Liliana Andrea dos Santos	IFRN	Profa. Dra.	Leci Martins Menezes Reis
UFPE	Profa. Dra.	Maria Clara Mávia de Mendonça	UFPB	Prof. Dr.	Luiz Moreira Coelho Júnior
IFPE	Profa. Dra.	Maria de Fátima Nóbrega Barbosa	UFCG	Profa. Dra.	Maria de Fátima Martins
UFCG	Profa. Dra.	Maria do Carmo Martins Sobral	UFCG	Profa. Dra.	Maria do Carmo Alustau-Fernandes Mario Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto
UFPE	Profa. Dra.	Maristela Casé Costa Cunha	IFRN	Prof. Dr.	Miriam Cleide Cavalcante de Amorim
UNEB	Profa. Dra.	Nélia Henriques Callado	UNIVASF EMBRAPA- RR	Prof. Dr.	Oscar José Smiderle
UFAL FTC Salvador	Profa. Dra.	Patricia Carla Barbosa Pimentel	INPE - AM EMBRAPA- RR	Prof. Dr.	Reinaldo Corrêa Costa
UFPE	Dra.	Renata Laranjeiras Gouveia	UFPE	Profa. Dra.	Rita de Cássia Pompeu de Souza
UFPE	Prof. Dr.	Roberto Araújo Sá	UFPE	Profa. Dra.	Silvia Helena Lima Schwamborn
UPE	Profa. Dra.	Simone Ferreira Teixeira	UFRPE	Profa. Dra.	Soraya Giovanetti El-Deir
UNEB	Profa. Dra.	Tâmara de Almeida e Silva	UFRPE	Profa. Dra.	Telma Lúcia de Andrade Lima
IFRN	Prof. Dr.	Valdenildo Pedro da Silva	UFPB	Profa. Dra.	Valeska Lisandra de Menezes

Sumário

Apresentação	6
Capítulo 1. Educação Ambiental e Sustentabilidade	7
1.1 ECONOMIA CIRCULAR COMO VIA PARA MINIMIZAR O IMPACTO AMBIENTAL GERADO PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS. <i>João Paulo de Oliveira Santos, Elisson Vinícius Lima da Silva, Amanda Lima Souza, Soraya Giovanetti El-Deir.</i>	8
1.2 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DE UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL GERADOS COM A UTILIZAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA. <i>Ana Regina Bezerra Ribeiro, Michele Viana do Nascimento Santos, Telma Lúcia de Andrade Lima, Suellen Araújo de Oliveira.</i>	18
1.3 COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS; FERRAMENTA DE INCENTIVO PARA POLÍTICAS PÚBLICAS DE SUSTENTABILIDADE. <i>Renata C. A. Mendonça, Ivo V. Pedrosa.</i>	31
1.4 AVALIAÇÃO ATRAVÉS DO USO DE INDICADORES AMBIENTAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CENTROS DE COMPRAS EM SÃO LUÍS – MA. <i>Camila Everton Guterres, Érima Jôyssey Mendonça, Sielys dos Santos Amaral, Marylin Fonseca Leal de Farias.</i>	44
1.5 APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT NA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CIDADE CAMACARI - BA. <i>Ana Verena Luciano Santos Campos, Neura Mendes Silva, Igor Felipe Batista Vieira, Zabele Laís Lyra Mendonça.</i>	58
1.6 GESTÃO AMBIENTAL NA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA: TÉCNICAS E FERRAMENTAS PARA UMA PRODUÇÃO MAIS LIMPA. <i>Edja Lillian Pacheco da Luz, Marília Costa de Medeiros, Patrícia Nazaré dos Santos.</i>	69
1.7 ALTERNATIVAS PARA O USO DOS RESÍDUOS DA MARICULTURA. <i>Julyane Silva Mendes Polycarpo, Marcos Antônio dos Santos Júnior, Leocádia Terezinha Cordeiro Beltrame.</i>	79
1.8 NORMAS PARA RADIAÇÃO IONIZANTE AMBIENTAL NATURAL. <i>Arykerne Nascimento Casado da Silva, Romilton dos Santos Amaral, José Wilson Vieira, Carlos Alberto Alves Barreto.</i>	87
Capítulo 2. Técnicas Aplicadas	99
2.1 GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DAS ÁREAS DE UNIDADES DE TRATAMENTOS DE RESÍDUOS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - PE. <i>Leticia P. Lagos de Melo, Anelise Martins de Azevedo, Ioná M. B. Rameh Barbosa, Diogo H. Fernandes da Paz.</i>	100
2.2 DESENVOLVIMENTO DE UM SIG PARA LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS ADEQUADAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - PE. <i>Diogo Henrique Fernandes da Paz, Maria do Carmo Martin Sobral.</i>	114
2.3 DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM COMUNIDADE DE EX-CATADORES DO BAIRRO DA MIRUEIRA, PAULISTA – PE. <i>Anelise Martins de Azevedo, Leticia P. Lagos de Melo, Ioná M. B. Rameh Barbosa, Diogo H. Fernandes da Paz.</i>	127
2.4 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ATERRO DE JUAZEIRO DO NORTE-CE. <i>Sidney Kal-Rais Pereira de Alencar, Rodrigo da Costa Freitas, Jéssica Marizze Maria Dantas Oliveira Melo, Soraya Giovanetti El-Deir.</i>	141
2.5 APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO NA ANÁLISE DA PNRS: MÉTODO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA. <i>Igor Felipe Batista Vieira, Zabele Laís Lyra Mendonça, José Adalberto da Silva Filho, João Paulo de Oliveira Santos.</i>	155
2.6 APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA CERÂMICA. <i>Géssica de Paula Alves Marinho, Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena, Ana Paula Xavier de Gondra Bezerra, Romildo Morant de Holanda.</i>	166
2.7 PRODUÇÃO DE REPELENTE LÍQUIDO, DIFUSOR E SABONETE COM ÓLEO DA CASCA DE LARANJA; EXTRAÇÃO DE ÓLEO D-LIMONENO VISANDO O APROVEITAMENTO E REDUÇÃO DO RESÍDUO. <i>Nathália Stefane Gomes Tavares, Leticia de Melo Ferreira Silva, Emilia Juliana Ferreira da Silva, Henrique John Pereira Neves</i>	176

2.8	ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO A ESTRUTURA METAL-ORGÂNICA $[Cu_3(BTC)_2 \cdot (H_2O)_3]_n$ COM OBTENÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO INERTE. <i>Renata Pereira da Silva, Suzana Pereira Vila Nova, Claudia Cristina Cardoso Bejan, Katia Cristina Silva de Freitas.</i>	184
Capítulo 3. Recuperação Energética		194
3.1	VIABILIDADE DA COGERAÇÃO EM INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA. <i>José Eduardo Moraes Borba, Almir Alexey Brito Vital, Luiz Moreira Coelho Júnior, Monica Carvalho.</i>	195
3.2	CÁLCULOS PARA UM PROJETO DE COGERAÇÃO A PARTIR DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA – PB. <i>Monica Carvalho, Dayse Pereira do Nascimento, Valeska Lisandra de Menezes, Ricardo Chacartegui.</i>	207
3.3	PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA – PB. <i>Dayse Pereira do Nascimento, Valeska Lisandra de Menezes, Ricardo Chacartegui, Monica Carvalho.</i>	220
3.4	POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DE RSU ENVELHECIDO SUBMETIDOS À RECIRCULAÇÃO DE LIXIVIADO. <i>Maria Alice de Borges, Alessandra Lee Barbosa Firmo, Priscila Cintia Macêdo Silva, Talita Vasconcelos de Lucena.</i>	233
3.5	VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE SANTO ANDRÉ, SP; CASO DE ESTUDO COMBUSTÃO <i>in natura.</i> <i>Andrea Carolina Gomez Gutierrez, Juliana Tófano de Campos Leite Toneli, Ana Maria Pereira Neto.</i>	243
3.6	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NUM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA. <i>Almir Alexey Brito Vital, José Eduardo Moraes Borba, Monica Carvalho.</i>	259
Capítulo 4. Educação Ambiental		270
4.1	A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: TECENDO TEIAS PARA UMA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA. <i>Á. N. Siqueira, Amanda P. Santos, Matson dos Santos Macedo Cysneiros, Vanice S. Selva.</i>	271
4.2	AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM FOCO NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ESCOLA PÚBLICA, EM SANTARÉM-PA. <i>Amanda Estefânia de Melo Ferreira, Iara Lina de Sousa Silva, Taiane Batista Vinente, Ydennek Castro de Oliveira.</i>	285
4.3	EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL COMPARTILHADA: I SEMINÁRIO DO FÓRUM ESTADUAL LIXO & CIDADANIA DE RORAIMA. <i>Rita de Cássia Pompeu de Souza, Carolina Soares Marques, Pedro Vitor Pereira Guimarães, Maria da Conceição Mendonça Lobo.</i>	297
4.4	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CONCIÊNCIA SOBRE COLETA SELETIVA EM ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE PICOS-PI. <i>Pâmella Laysa Moura Cruz, Kássia Marilene Souza, Maria das Dores Martins Rodrigues, Cintia de Souza Clementino.</i>	310
4.5	EDUCAÇÃO AMBIENTAL POR MEIO DE MANUAIS: UMA ESTRATÉGIA PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE NA UFPE. <i>Maria Betânia Melo de Oliveira, Waleshka Vieira Gonzaga, Rômulo Simões Cezar Menezes, Maria de Fátima Morais Xavier.</i>	320
4.6	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E OS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SERVIÇO PÚBLICO DE ENSINO DO IFPE. <i>Cícera Robstânia Laranjeira dos Passos, Dalva Jakelline Alves da Silva, Josicleide Cordeiro da Silva, Claudia Wanderley Pereira de Lira</i>	330
Capítulo 5. Boas Práticas		343
5.1	PROPOSTA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA PARA FRIGORÍFICO; ESTUDO DE CASO EM BOM SUCESSO – PB. <i>Erick Ferreira de Souza, Manoel Mariano Neto da Silva, Gabriela Valones.</i>	344
5.2	OPERACIONALIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA DE ÓLEO DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA UFPE. <i>Célio José Nunes Santiago Júnior, Ricardo Luís dos Santos Pinheiros, Camila Claudino de Souza, Rômulo Simões Cezar Menezes.</i>	353
5.3	COMPOSTAGEM, MÉTODO MAIS ADEQUADO AO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS URBANOS: EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM – PE. <i>Sandra Morgana de Freitas Pimentel, Gutemberg Silva Cavalcanti, Marcos Antônio de Araújo Filho, Cláudio Emanuel Silva Oliveira.</i>	368
5.4	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS PARA COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO DE DOIS RIACHOS – AL. <i>José Adalberto da Silva Filho, João Paulo de Oliveira Santos, Neura Mendes da Silva, Ana Verena Luciano Santos Campos.</i>	379

5.5	AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DO LODO GERADO EM ETE INDUSTRIAL COMO FERTILIZANTE PARA CULTIVO AGRÍCOLA. <i>Talles Iwasawa Neves, Raphael Abrahão.</i>	391
5.6	USO DE RESÍDUO BIOESTABILIZADO DE COMPOSTAGEM ESCOLAR PARA DESENVOLVIMENTO INICIAL DE <i>Copaifera pubiflora Benth.</i> <i>Carolina Soares Marques, Pedro Vitor Pereira Guimarães, Oscar José Smiderle, Rita de Cássia Pompeu de Souza.</i>	403
5.7	COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS EM UMA LEIRA DE COMPOSTAGEM, DURANTE A FASE ATIVA. <i>Thaís Cordeiro Queiroz de Oliveira Lima, Claudia Coutinho Nóbrega, Luanny Dantas de Brito.</i>	413
Capítulo 6. Casos de Sucesso		423
6.1	RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO RECICLADOS NO BRASIL: DIAGNÓSTICO E CRÉDITO AMBIENTAL. <i>Josiane Maria de Santana Melo Lins, Eduardo José Melo Lins, Ramon Duque Ferraz Burgos.</i>	424
6.2	REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM UM EMPREENDIMENTO NA REGIÃO DO SUDOESTE DA BAHIA. <i>Gabriela Dias da Silva, Silvana Ferreira Bicalho, Melquesedeck Saturnino Cabral Oliveira.</i>	440
6.3	COMPARATIVO DE CONSUMO ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA; ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO VERTICAL. <i>Rodrigo Gabriel A. de Q. Pessoa, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Ângelo J. Costa e Silva.</i>	453
6.4	UTILIZAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS NO BRASIL. <i>Rafaela Julia de Lira Gouveia, Laís R. Galdino Oliveira.</i>	466
6.5	VERIFICAÇÃO DA FITOTOXICIDADE <i>IN VITRO</i> DE RESÍDUOS ORGÂNICOS BIOESTABILIZADOS EM SEMENTES DE HORTALIÇAS. <i>Pedro Vitor Pereira Guimarães, Rita de Cássia Pompeu de Souza, José Alberto Martell Mattioni, Oscar José Smiderle.</i>	474
6.6	USO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA BANANEIRA NO DESENVOLVIMENTO DEARTESANATOEM UMA COMUNIDADE LOCALIZADA NO CARIRI CEARENSE. <i>Saymo Venicio Luna, Antônio Italcly de Oliveira Júnior.</i>	485
6.7	CULTIVO DE COGUMELOS COMESTÍVEIS EM RESÍDUOS URBANOS LIGNOCELULÓSICOS ORIUNDOS DE PODA, NO ALTO SERTÃO PARAIBANO. <i>Giliara Carol Diniz de Luna-Gurgel, José Ferreira Lima Júnior, Maria do Carmo Alustau-fernandes, Ysa Helena Diniz Morais de Luna.</i>	499
6.8	VISÃO SISTÊMICA DA RECUPERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DE CRUZ DAS ALMAS EM MACEIÓ-AL. <i>Celene Alves da Silva, José Fernando Thomé Jucá, Nélia Henriques Callado.</i>	508
6.9	REAPROVEITAMENTO DO ÓLEO DE FRITURA NA FABRICAÇÃO DE SABÃO SOB UMA VISÃO CTSA. <i>José Rafael da Silva, Laís Caroline Pereira da Silva, Maria de Cássia Pereira Pinto da Silva.</i>	524
Organizadores		535

Apresentação

A partir dos e-books “Resíduos Sólidos”, que configura-se numa coletânea dos artigos aprovados para apresentação no VI Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos – Epersol 2016 e IV Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos, que tiveram lugar no Ceagri II, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Dois Irmãos, Recife-PE, durante o período de 20 a 22 de setembro de 2017. Pretendeu-se realizar uma revisão de todos os artigos, organizando-os de forma temática em três diferentes livros. Nestes estão 126 artigos ordenados nos e-books: “Resíduos sólidos: gestão pública e privada”, com 38 artigos; “Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais” com 46 artigos; e “Resíduos sólidos: tecnologias e boas práticas de economia circular”, com os 42 artigos restantes.

Para liderar a organização de cada um destes, foram convidados pesquisadores que tratam especificamente da área de Gestão Pública e Privada (Daniel Pernambucano de Mello), Tecnologias e modelos de gerenciamento de resíduos sólidos (Rodrigo Cândido Passos da Silva) e impactos socioeconômicos e ambientais (João Paulo de Oliveira Santos), tendo o auxílio de Soraya Giovanetti El-Deir, formando assim uma equipe multidisciplinar de pesquisadores da área de gestão ambiental, todos pesquisadores do Grupo de Gestão Ambiental de Pernambuco – Gampe, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Além destes, o olhar meticuloso dos pesquisadores da Comissão Editorial foi relevante para que os presentes artigos tivessem passado por um crivo acadêmico e científico, estando agora a disposição de toda a comunidade acadêmica e interessados pelas temáticas relativas a resíduos sólidos.

Neste ebook você encontrará 8 artigos que versam sobre Educação Ambiental e Sustentabilidade, 8 sobre Tecnologias Aplicadas, 6 sobre Recuperação Energética, 6 sobre Educação Ambiental, 7 escritos a respeito de Boas Práticas, finalizando com 9 artigos sobre Casos de sucesso. Cada capítulo tem a abertura com um texto com breve definição sobre a temática em tela, buscando facilitar a sua leitura. Esperamos que este material possa servir para consultas e estudos futuros, além de proporcionar uma leitura agradável.

Os organizadores

Capítulo 1. Economia Circular e Sustentabilidade

A economia circular é um conceito econômico alternativo à economia linear e está pautada no reaproveitamento de resíduos como matéria-prima no ciclo produtivo. Tem suas bases no desenvolvimento sustentável e na sustentabilidade processual, com foco no equilíbrio das dimensões ambientais, econômicas e sociais. Assim, neste capítulo serão apresentados artigos acerca destas temáticas, tanto de forma conceitual quanto aplicada.

1.1 ECONOMIA CIRCULAR COMO VIA PARA MINIMIZAR O IMPACTO AMBIENTAL GERADO PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS

SANTOS, João Paulo de Oliveira

Grupo de Gestão Ambiental de Pernambuco (Gampe)/UFRPE
jpos@agro.adm.br

SILVA, Elisson Vinícius Lima

Gampe/UFRPE
elissonvini@gmail.com

SOUZA, Amanda Lima

Gampe/UFRPE
amandha-souza@hotmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti

Gampe/UFRPE
sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

O consumo excessivo de bens, atrelado a falta de infraestrutura urbana, tem sido responsável por causar inúmeros problemas de degradação e poluição ao meio, configurando-se num processo potencial de impacto ambiental. Este cenário motiva a produção de resíduos sólidos que, acumulados e despejados em locais impróprios, desencadeiam graves perturbações socioambientais. Neste sentido, a economia circular surge como alternativa para a mitigação destes impactos potenciais, buscando repensar as práticas econômicas e sociais vigentes. O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica acerca da importância e da inserção da economia circular para minimização dos impactos ambientais potenciais causados pelos resíduos sólidos urbanos, além de apontar aplicações e vantagens deste conceito na atualidade. O trabalho é uma tentativa de auxiliar na elevação do estado da arte da questão, buscando na economia circular base para um repensar mais sustentável da sociedade.

PALAVRAS - CHAVE: Sustentabilidade, Meio ambiente, Consciência ecológica.

1. INTRODUÇÃO

Ao se pensar em degradação e poluição ambiental, remete-se instantaneamente ao cenário atual de consumo da população mundial como um dos grandes responsáveis pela extração e beneficiamento de matérias-primas e, conseqüentemente, pelo aprofundamento dos impactos ambientais. O descarte inadequado de resíduos sólidos é um dos grandes problemas da atualidade. As altas taxas de produção de lixo e os problemas com a sua destinação final são preocupações recorrentes dos governos e de toda a sociedade.

Em Pernambuco, de acordo com dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015), diariamente foram produzidos em média 8.986 toneladas de resíduos sólidos, destes, menos da metade foram depositados em aterros sanitários. No Estado já existem campanhas de Educação Ambiental produzida por escolas e universidades, associações de catadores, empresas privadas e iniciativas governamentais preocupadas com a mitigação da poluição e degradação ambiental causado pelo descarte incorreto dos resíduos, no entanto, o impacto destas ações ainda é pouco significativo comparado à problemática. Dessa forma, estratégias de reaproveitamento e destinação útil desses resíduos tornam-se tarefas urgentes.

Nesse contexto, a Economia Circular surge como um instrumento de racionalização dos recursos naturais e maximização da utilização de produtos já manufaturados. Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho identificar os principais impactos oriundos pela disposição de resíduos sólidos e como a aplicação da economia circular pode contribuir para melhorar esse panorama. Pretende-se que este seja uma tentativa de auxiliar na elevação do estado da arte da questão, buscando na economia circular, base para um repensar mais sustentável da sociedade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Acadêmicos de todas as áreas e matizes teóricas, preocupados com o bem-estar geral das espécies humanas e não humanas, bem como com a garantia de condições de vida para as gerações futuras, vêm repetidamente alertando para a necessidade de se tornar mais harmônica a relação homem-natureza. A utilização irracional dos recursos do capital natural tem levado à contínua degradação dos fluxos de serviços ecossistêmicos, os quais são fundamentais para o suporte à vida e para o bem-estar humano. Nesse contexto, a sociedade deve repensar o tratamento dado ao patrimônio natural e, de modo especial, cientistas devem se esforçar no sentido de adequarem seus esquemas analíticos às novas demandas colocadas pela questão ambiental (ANDRADE; ROMEIRO, 2011).

O adensamento urbano é seguido pelo aumento da poluição ambiental, usualmente. Com o crescimento dos centros urbanos, a geração de resíduos está cada vez maior, sendo estes principalmente os que levam mais tempo para serem degradados no meio ambiente pelos seres detritívoros. Por conseguinte, boa parte desse material é depositado em lugares indevidos, como rios e solos, afetando a biodiversidade (VIANNA, 2015). Embora existam tipologias da palavra poluição, o conceito acaba se detendo, de uma maneira geral, nos fatores que causam a degradação ambiental. Valle (2004) descreve que “poluição ambiental pode ser definida como toda ação ou emissão do homem que, pela descarga de material ou energia atuando sobre as águas, o solo, o ar, causa um desequilíbrio nocivo, seja ele de curto, seja de longo prazo, sobre o meio ambiente”.

A degradação de um objeto ou de um sistema é, muitas vezes, associada à ideia de perda de qualidade. Degradação ambiental seria, assim, uma perda ou deterioração da qualidade ambiental. A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) define degradação ambiental como “alteração adversa das características do meio ambiente” (art. 3º, inciso II), definição suficientemente ampla para abranger todos os casos de prejuízo à saúde, à segurança, ao bem-estar das populações, às atividades sociais e econômicas, à biosfera e às condições estéticas ou sanitárias do meio, que a mesma lei atribui à poluição. Em outras palavras, degradação ambiental corresponde ao impacto ambiental negativo. A degradação refere-se a qualquer estado de alteração de um ambiente e a qualquer tipo de ambiente, assim mesmo um ambiente construído degrada-se, assim como os espaços naturais. Tanto o patrimônio natural como o cultural podem ser degradados, descaracterizados e até destruídos. Vários desses termos descritivos serão utilizados para caracterizar impactos ambientais. Assim, como a poluição se manifesta a partir de certo patamar, também a degradação pode ser percebida em diferentes graus (SÁNCHEZ, 2013).

Os resíduos sólidos compõem um dos principais grupos causadores de degradação ambiental, devido tanto ao grande volume gerado, quanto ao tratamento e destinação inadequada dada. (SANTOS, et al., 2015). Atualmente, a gestão de resíduos sólidos urbanos é uma questão crítica em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, sendo uma fonte de riscos para o meio ambiente e saúde humana (LI et al., 2016). Um manejo sustentável dos resíduos sólidos implica na redução dos danos ambientais e na diminuição dos custos para o poder público (NEVES; MENDONÇA, 2016).

A Economia Circular compreende uma proposta onde os sistemas de produção abertos, cujos recursos são extraídos e utilizados como matéria-prima para produção de produtos que geram durante a cadeia processual e no descarte final resíduos, devem ser substituídos por sistemas que reutilizam e reciclam esses recursos e conservem energia (PRESTON, 2012). De modo geral, essa metodologia pode ser definida como sendo um sistema de regeneração em que a entrada de recursos, resíduos, emissão e perdas de energia são minimizadas, diminuindo, fechando e estreitando o consumo de matéria prima e energia utilizados. Essas metas podem ser alcançadas através de um *design* duradouro, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, remodelação e reciclagem desses produtos (GEISSDOERFER, et al., 2017). Desta forma, seguindo a visão da Economia Circular, pretende-se abordar a questão dos resíduos sólidos com vistas a compreender esta lógica de arranjo para elevar a sustentabilidade da sociedade.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi de natureza exploratória, do tipo descritiva. Realizou-se um levantamento bibliográfico (GIL, 2008) de dados secundários através de artigos científicos, livros, teses e dissertações para aproximação ao tema, buscando-se publicações atuais e que englobassem informações a nível nacional e internacional. A busca de refletir acerca das mudanças, limitações e oportunidades, ao se tratar dos impactos gerados pela disposição de resíduos sólidos e estratégias que minimizem esses efeitos, com ênfase na economia circular foi realizada através de leitura crítica dos materiais, levantando o estado da arte (VAZ et al., 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Poluição e Degradação Ambiental do Descarte de Resíduos Sólidos

O atual crescimento da população urbana está intrinsecamente ligado ao aumento das taxas de consumo, aumentando assim o uso de matérias-primas e conseqüentemente a geração de resíduos sólidos, refletindo nossos padrões de produção e consumo (CNMA, 2013). Entende-se por resíduo sólido os materiais ou substâncias em estado sólido ou semissólido resultantes das atividades humanas, que são descartados e necessitam de destinação final adequada, face à natureza e à tecnologia disponível (CARVALHO; PEREIRA, 2013).

A NBR 10.004 classifica os resíduos sólidos segundo o grau de periculosidade, separando-os em duas categorias distintas: Classe I – Perigosos e Classe II – Não Perigosos (Classe IIA – Não Inertes e Classe IIB – Inertes). Os resíduos de Classe I – Perigosos, são aqueles que apresentam periculosidade, característica que devido as suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente quando manuseados e destinados de forma inadequada. Os resíduos de Classe II – Não perigosos, podem ser: Não Inertes (Classe IIA) ou Inertes (Classe IIB). Os resíduos enquadrados na Classe IIA possuem propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; Já os compreendidos pela Classe IIB são aqueles que submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme NBR 10.006 não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A destinação adequada dos resíduos sólidos é um dos grandes problemas enfrentados nas cidades brasileiras, sendo estimulada pelo aumento da produção cada vez mais de dejetos (SOUZA et al., 2013). Essa questão já vem sendo trabalhada desde a realização da ECO/92 no Rio de Janeiro, onde entre tantas pautas, se discutiu a urgência da criação de um sistema de gestão ambiental, que se adequasse a problemática da produção desses resíduos em meio a uma população em franco crescimento. A má disposição do lixo é um dos principais fatores da presença de material em suspensão nos corpos de água, alterando parâmetros, como por exemplo, a turbidez da água (PEREIRA, 2004). A turbidez elevada modifica esteticamente os ambientes aquáticos, uma vez que a presença de material em suspensão provoca a dispersão e a absorção da luz, dando a água uma aparência nebulosa e opaca, indesejável (SANCHES et al., 2014) encarecendo também o tratamento para os diversos usos. Outro fator que deve ser levando em consideração é a relação da turbidez com a fauna e a flora, que poderão sofrer distúrbios por conta da redução da entrada da luz (MACÊDO, 2004).

O descarte de lixo a céu aberto, os conhecidos lixões, ainda são um grande problema ambiental, sendo um dos palcos de debate da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) oriunda da Lei Federal nº 12.305/2010, na qual se determinam as responsabilidades dos geradores, do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, sobre a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). De acordo com essa Lei, em um prazo estabelecido, todos os lixões do país devem ser desativados e substituídos por aterros sanitários. Dessa forma as prefeituras devem construir aterros sanitários adequados ambientalmente, na qual só poderão ser depositados os resíduos sem qualquer possibilidade de reaproveitamento ou compostagem (OLIVEIRA et al., 2015).

Os lixões representam uma forma de descarte com total descontrole dos tipos de resíduos que são depositados no local. Que assim dispostos de maneira inadequada, podem levar a problemas de saúde pública e a formação de lixiviados como o chorume (LARSEN, 2010). As áreas de lixões são espaços com condições favoráveis para a proliferação de vetores, como as moscas, baratas, ratos e mosquitos, que são atraídos pela grande quantidade de alimento, e da facilidade de abrigo, se multiplicando nesses locais. A ação desses vetores não se restringe apenas ao lixão, podendo chegar às residências, causando doenças e servindo de meio para contaminação de animais domésticos que ali vivem (PEREIRA NETO, 2007).

Os aterros controlados é uma das formas de disposição final de resíduo predominante no Brasil, sendo considerados como estrutura intermediária entre lixão e aterro sanitário, de forma que são mais eficientes do que os lixões (FUNASA, 2006). O resíduo é disposto diretamente sobre o solo e posteriormente coberto por uma camada de terra. Dessa forma se minimiza o mau cheiro e o impacto visual, evitando também a proliferação de insetos e animais. Entretanto, o problema reside na não impermeabilização de base, na ausência, por vezes, de sistemas de tratamento do chorume e de biogás, estando o material passível à contaminação do solo e do lençol freático (INSTITUTO BROOKFIELD, 2012).

O chorume é um líquido escuro oriundo da decomposição de matéria orgânica dos resíduos, é rico em várias substâncias, como metais pesados, tais como cobre, chumbo e zinco (SILVA, 2002), além de outros contaminantes orgânicos e inorgânicos. Como a recarga das águas no subsolo, na maioria das vezes ocorre devido à infiltração da água de chuva em excesso no solo, atividades realizadas neste ambiente podem ameaçar a qualidade da água subterrânea (PINTO et al., 2015). Uma vez que alcance os corpos d'água, esses contaminantes podem ser assimilados por qualquer espécie aquática, sendo transferidos por meio da cadeia trófica e bioacumulados por longos períodos de tempo (DI IACONI et al., 2011).

A NBR 8419/1992 apresenta o conceito de aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (NBR,1992).

Consiste assim na disposição de resíduos em área impermeabilizada, com posterior recobrimento e compactação dos mesmos, com camadas sucessivas de solo ou outro material inerte (FELICORI, et al., 2016). Os aterros sanitários são a forma mais adequada de disposição dos resíduos sólidos, apesar de serem responsáveis por parte das emissões de gás metano na atmosfera, além da produção de chorume, consequência inevitável da prática de disposição desse tipo de material. No entanto, nesses espaços é possível oferecer uma destinação útil para esses subprodutos (VIEIRA, et al., 2015), ou um tratamento eficiente de modo que os impactos ambientais sejam minimizados.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2015) no Brasil em 2015, 58,7% dos resíduos sólidos foram depositados em aterros sanitários, e os 41,3% restantes, que correspondem a 82 mil toneladas diárias de resíduos, foram encaminhadas para lixões ou aterros controlados. Esses dados refletem o quanto a geração de resíduos sólidos ainda influencia diretamente em problemas de cunho ambiental, social e de saúde.

4.2. Economia Circular frente aos Desafios da Gestão de Resíduos Sólidos

A economia circular visa maximizar o uso sustentável e o valor dos recursos, com a eliminação das sobras e beneficiando tanto a economia quanto o meio ambiente. Torna-se uma alternativa à abordagem atual, em que os recursos são usados para uma dada finalidade e em seguida, descartados (HOUSE OF COMMONS, 2014). É o que se pode denominar de uma economia regenerativa, pautada nas energias renováveis e na erradicação do desperdício, buscando-se intencionalmente reincorporar os materiais aos ciclos produtivos ou biológicos, visando à sua renovação (EMF, 2012). Busca também, projetar produtos de fácil desmontagem e posterior reutilização (RUIZ et al., 2015).

O tema é relativamente recente no Brasil, muito embora já se tenha na Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, uma redação referente à Logística Reversa, que é conceituada como o “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010, Art. 3º, inciso XII). A mesma Lei, no Art. 33, aponta que a estruturação e implantação de sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, devem proceder de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, sendo a responsabilidade atribuída a todos os atores presentes na cadeia, como os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores de

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Há uma previsão de extensão do programa a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

No entanto, é perceptível que a temática ocupa apenas uma pequena parte na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), diferente do que vem sendo adotado em outras partes do planeta, como por exemplo, na Europa. No Reino Unido, o governo considera que o consumo atual de matérias primas virgens na indústria de transformação é insustentável. Onde cerca de 90% do material extraídos do meio natural para a manufatura, se torna resíduos antes dos produtos saírem das fabricas, e destes bens produzidos, aproximadamente 80%, é descartado em menos de seis meses (RSA, 2014). Assim diversas ações e estudos já vêm sendo implantados, com foco na economia circular, visando não só a sustentabilidade, mas também a economia e o retorno financeiro. Foi assim que a Comissão Europeia decidiu responder a esses desafios, movendo-se para um sistema econômico mais restaurador e duradouro da produtividade de seus recursos. Em dezembro de 2012, foi publicado o “Manifesto

para uma Europa eficiente em termos de recursos”. Este manifesto expressa claramente que "em um mundo com pressões sobre os recursos e o ambiente, a União Europeia não tem outra opção senão recorrer à transição para uma economia circular eficiente em termos de recursos e, finalmente regenerativa" (EUROPA, 2012). Uma oportunidade anual de economia de custos líquidos de 380 bilhões de dólares num cenário de transição e de USD 630 bilhões em um cenário avançado (EMF, 2012).

O conceito de economia circular chegou à China no final da década de 1990 e foi ativamente convertido em políticas por mais de uma década (JIAO & BOONS, 2017). A Lei da Economia Circular da República Popular da China, emitida pelo Comitê Permanente da Assembleia Popular Nacional (APN) em 29 de Agosto de 2008, formaliza o conceito de Economia Circular. Várias ações estão sendo colocadas em prática, como os Parques Ecológicos Industriais, 24 Ecoparques foram construídos até 2014. O potencial da China para criar uma economia circular é imenso, principalmente diante do cenário atual de insustentabilidade de crescimento econômico, apontando-a como uma das medidas estratégicas para o desenvolvimento sustentável (ZHOU et al., 2014).

Assim pode-se aplicar a economia circular em vários segmentos. O relatório da Fundação Ellen MacArthur (2013) cita uma série de aplicações práticas, como por exemplo:

- Em 2010 foram produzidos 1,6 bilhão de celulares no planeta, o que implicar uma grande demanda de materiais, como por exemplo, os metais raros, isso gerou força para a reciclagem desses aparelhos. No entanto, mesmo com esses esforços, apenas uma pequena fração dos mais de 20 tipos de materiais contidos nos aparelhos, pode ser reaproveitados. Esse problema poderia ser resolvido se a indústria tornasse os celulares mais fáceis de desmontar. Dessa forma o custo do condicionamento de telefones celulares poderia cair 50% por aparelho.
- Máquinas de lavar de maior potência seriam acessíveis para a maior parte das residências se, em vez de vendidas, fossem alugadas. Os fabricantes ganhariam cerca de um terço a mais em lucros, e ao longo de um período de 20 anos, a substituição de cinco máquinas de baixa potência por apenas uma de maior desempenho, poderia representar uma economia de quase 180 kg de aço e reduziria o lançamento de 2,5 toneladas de CO₂ para a atmosfera.
- Somente o Reino Unido, poderia criar um fluxo de renda de US\$ 1,5 bilhão por ano – fazendo o aproveitamento por meio da compostagem de seus resíduos alimentares. Evitando também o lançamento de 7,4 milhões de toneladas de gases de efeito de estufa, e poderia gerar até 2 GWh de eletricidade.

A Economia Circular surge como uma alternativa para destinação eficiente dos resíduos sólidos, sendo um dos seus grandes benefícios à possibilidade de reinserção destes materiais na cadeia produtiva, agregando valor e aumentando a vida útil destes subprodutos (SMOL et al., 2015). Desta forma, esta lógica torna-se imprescindível para minimizar o desperdício de resíduos e subprodutos que poderão ser reinseridos na cadeia produtiva.

5. CONCLUSÕES

O atual modelo de desenvolvimento econômico já se mostra ultrapassado e insustentável perante aos problemas ambientais gerados pelos resíduos sólidos, tornando necessário a criação de um novo olhar para relação de produção-consumo. Devido à realidade constatada, é evidente, que o meio ambiente tem sofrido impactos significativos, deixando a população sujeita a problemas que podem ser nocivos à saúde e gerar prejuízos econômicos.

A Economia Circular é uma ferramenta essencial para a substituição deste modelo, baseando o crescimento socioeconômico na sustentabilidade. Neste sentido, torna-se extremamente fundamental colocar em prática os conceitos da economia circular para ajudar na preservação do meio ambiente, reafirmando as ações preventivas por parte governamental com o propósito de melhorar o sistema de gestão dos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2015**. São Paulo: Abrelpe; 2015.

ANDRADE, D. .; ROMEIRO, A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “economia dos ecossistemas”. **Economia**, v.12, n.1, p .3–26, jan/abr 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - NBR 8419/1992**. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Resíduos sólidos – classificação. **Norma técnica NBR 10004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 de agosto de 1981.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

CARVALHO, P. P.; PEREIRA, R. S. **Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos**. In. Gestão para o desenvolvimento sustentável: Desafios e proposições para a Sustentabilidade Socioambiental. Raquel da Silva Pereira (org.). São Paulo: Globus, 2013.

CNMA – Conferência Nacional de Meio Ambiente. **4ª Conferência: Vamos cuidar do Brasil – Resíduos Sólidos**. Texto Orientador. 2. ed. Brasília, 2013.

DI IACONI, C.; ROSSETI, S.; LOPEZ, A.; RIED, A. Effective treatment of stabilized municipal landfill leachates. **Chemical Engineering Journal**, v. 168, p. 1085 – 1092. 2011.

EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy** - Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2012.

EUROPA. **Manifesto for a Resource Efficient Europe**, European Commission, Brussels, 2012. Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-989_en.htm#PR_metaPressRelease. Acesso em 01 de maio de 2017.

FELICORI, T. C. et al., Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Eng Sanit Ambient**, v.21 n.3, p. 547-560, jul/set 2016.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 1. ed. rev. Brasília, 408 p., 2006.

GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**. v. 143, n. 1, p. 757–768, 2017.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5ª. ed. São Paulo: Atlas. 2008. Disponível em: <https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 1 maio 2017.

HOUSE OF COMMONS. **Growing a circular economy: Ending the throwaway society**. HC-214. Londres: House of Commons/ Environmental Audit Committee, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico**. 2000. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/tabelas>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

INSTITUTO BROOKFIELD. Lixão, aterro sanitário e aterro controlado: entenda as diferenças. 2012. Disponível em: <http://blog.institutobrookfield.org.br/index.php/2012/08/entenda-a-diferenca-entre-lixao-aterro-controlado-e-aterro-sanitario/>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

JIAO, W.; BOONS, F. Policy durability of Circular Economy in China: A process analysis of policy translation. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 117, p. 12–24, 2017.

LARSEN, D. Diagnostico do Saneamento Rural através de Metodologia Participativa. Estudo de Caso: Bacia Contribuinte ao Reservatório do Rio Verde, Região Metropolitana De Curitiba, PR. **(Dissertação) UFPR** – Curitiba, 182 p., 2010.

LI J., et al.; Removal of refractory organics in nano-filtration concentrates of municipal solid waste leachate treatment plants by combined Fenton oxidative-coagulation with photo e Fenton processes. **Chemosphere**. n.146, p. 442–449, 2016.

MACÊDO, J. A. B.. **Águas & Águas**. Belo Horizonte (MG): CRQ (MG), 977 p., 2004.

NEVES, F. O.; MENDONÇA, F. Por uma leitura geográfico-cultural dos resíduos sólidos: reflexões para o debate na Geografia. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 25, p. 153-169, 2016.

OLIVEIRA, A. L. et al. Análise qualitativa dos impactos ambientais no meio abiótico em um depósito de resíduos sólidos. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22, p. 184-199, 2015.

PEREIRA NETO, J. T. **Gerenciamento do Lixo Urbano: aspectos técnicos e operacional**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 129 p., 2007.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. IPH – UFRGS. v.1, n.1.p.20-36, 2004.

PINTO, C.M. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA JÚNIOR, D.F.; Diagnóstico Preliminar do Saneamento Rural na Comunidade de Engenho Velho no Município de João Pessoa/PB. **Revista Ambiental**. V.1, n. 1, p. 26 - 36, Jan/Mar, 2015.

PRESTON, F.A **Global Redesign? Shaping the Circular Economy**. Chatham House, London, 2012.

RSA - ROYAL SOCIETY OF ARTS. **Investigating the role of design in the circular economy. The Great Recovery Project** - Report 01 Revisited. Londres: RSA, 2014.

RUIZ, S. R. et al., Recycling of Waste Electrical and Electronic Equipment as a Strategic Line Tangential of Circular Economy. **European Scientific Journal**, vol.11, n.7, p. 66-77, march 2015.

SANCHES, S. M., et al., Vigilância e Controle da Qualidade da Água do Córrego Pirapitinga do Município De Ituiutaba (MG). **Revista Agrogeoambiental** - v.6, n.3, 2014.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 2ª edição. São Paulo, Oficina de Textos, 583 p., 2013.

SANTOS, A. L.; PINTO, C. H.C; CATUNDA, C. M. M.. Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos RCD – resíduos da construção e demolição: um estudo de caso em Parnamirim/Brasil. **HOLOS** [Online], v. 2, 2015.

SILVA, A. C. Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado. (Dissertação) UFRJ – Rio de Janeiro, 111p. 2002.

SMOL, M.; KULCZYCKA, J.; HENCLIK, A.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy. **J Clean Prod**, v. 95, p. 45–54, 2015.

SOUZA, G. S., et al. Educação Ambiental como Ferramenta para o Manejo de Resíduos Sólidos no Cotidiano Escolar. **Revbea**, Rio Grande, v. 8, n. 2, p. 118-130, 2013.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14000**. 5º ed.. São Paulo: SENAC, 2004.

VAZ, C. R.; INOMATA, D. O.; STIIRMER, J. C.. Estado da arte do gerenciamento de resíduos sólidos em instituições de ensino superior: uma revisão de literatura. **Anais ... V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2014. Disponível em: < <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/I-002.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2017.

VIANNA, A. POLUIÇÃO AMBIENTAL, UM PROBLEMA DE URBANIZAÇÃO E CRESCIMENTO DESORDENADO DAS CIDADES. **Revista Sustinere**, v. 3, n.1 , p. 22-42, 2015.

VIEIRA, G. E. G. et al., Produção de biogás em áreas de aterros sanitários: uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 16, n. 26, p. 101-220, jul./dez. 2015.

ZHOU, K. et al. **A Study on Circular Economy Implementation in China**. IPAG, Paris, 2014. Disponível em: <http://www.ipag.fr/fr/accueil/la-recherche/publications-wp.html>. Acesso em 01 de maio de 2017.

1.2 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DE UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL GERADOS COM A UTILIZAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA

RIBEIRO, Ana Regina Bezerra

Departamento de Administração da Universidade Federal Rural de Pernambuco
anaregina.ribeiro@ufrpe.br

SANTOS, Michele Viana do Nascimento

Departamento de Administração da Universidade Federal Rural de Pernambuco
michellevianaflorestal@gmail.com

LIMA, Telma Lúcia de Andrade

Departamento de Administração da Universidade Federal Rural de Pernambuco
telma.lima@ufrpe.br

OLIVEIRA, Suellen Araújo de

Departamento de Administração da Universidade Federal Rural de Pernambuco
su.araujoliveira@gmail.com

RESUMO

Constata-se que há um aumento na necessidade de consumo e, por consequência, uma redução do tempo de vida dos produtos, gerando mais resíduos a serem lançados na natureza. Nesse contexto, o processo de logística reversa vem recebendo considerável atenção no esforço de diminuir o impacto ambiental causado pelo aumento do lixo, incentivando o processo de reciclagem de materiais e de embalagens. Esta pesquisa busca compreender quais as vantagens e dificuldades da utilização de práticas de logística reversa em uma indústria. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, classificando-se, quanto aos fins, como exploratória e descritiva; e, quanto aos meios, como uma pesquisa bibliográfica e de campo realizada em uma organização pernambucana. Destacam-se, entre os resultados encontrados, a conformidade entre a teoria e a prática, os impactos ambientais gerados com a utilização da logística reversa e as vantagens e dificuldades para sua implementação.

PALAVRAS-CHAVE: Operações Logísticas, Gestão Sustentável, Resíduos Sólidos.

1. INTRODUÇÃO

A modernidade trouxe consigo um estilo de vida baseado no consumo. E, com o passar dos anos, esse consumo intensificou-se cada vez mais. Com isso, a sociedade e o meio ambiente sofreram consequências nocivas. Com o agravamento desse cenário, as pessoas, quanto cidadãs, começaram a se preocupar com as questões sociais e ambientais do planeta. E, enquanto consumidoras, não foi diferente. As empresas sofreram com a pressão social e iniciaram a busca pela redução dos impactos socioambientais de suas produções a fim de fidelizar clientes. Tendo em vista o mercado competitivo e o consumo desenfreado, a busca citada se torna contínua.

Há alguns anos, as empresas informavam os impactos causados pelos produtos durante o consumo e após o descarte. Atualmente, essas informações são insuficientes para satisfazer os consumidores, que se mostram cada vez mais exigentes. Tornou-se fundamental oferecer, também, informações sobre a origem da matéria-prima, as técnicas empregadas no processo produtivo e sobre os componentes utilizados para amenizar os impactos ambientais (CORRÊA; XAVIER, 2013).

Considerando-se que, cada produto possui um ciclo de vida repleto de etapas nas quais cada uma delas gera um impacto ao meio ambiente, o aumento desenfreado da necessidade de consumo reduz o tempo de vida desses ciclos e, conseqüentemente, os danos ambientais aumentam vertiginosamente. Com isso, as empresas precisam se adaptar às novas exigências de mercado elaborando estratégias sustentáveis, todavia, sem cessar a busca pela vantagem competitiva. E, para isso, é necessário investir no monitoramento do ciclo de vida de seus produtos no intuito de prolongar a vida útil dos mesmos e possibilitar uma continuidade após o descarte (CORRÊA E XAVIER, 2013).

Assim, é nesse contexto em que a logística reversa passa a ser amplamente utilizada e estudada, pois, contribui para essa adaptação de mercado (HERNÁNDEZ; MARINS; CASTRO, 2012). Segundo Caxito (2014, p. 258), “O Brasil gera milhares de toneladas de lixo por dia - e estima-se que mais de 35% do que é coletado poderia ser destinado às usinas de reciclagem, enquanto outros 35% poderiam ser transformados em adubo orgânico”.

A logística reversa é um instrumento de fundamental importância para auxiliar nessa tarefa. Pois, dentro desse processo logístico, o ciclo de vida não se encerra na entrega ao cliente, uma vez que, com o tempo e o uso, os produtos ficam obsoletos e/ou danificados, e precisam voltar para a empresa para uma destinação adequada, seja o reaproveitamento, reparo ou o descarte correto do material (GONÇALVES; MARINS, 2004). Sendo assim, sua implementação implica diretamente na redução de custos com insumos na entrada de material da cadeia produtiva, pois, serão recursos reaproveitados que deixarão de causar impactos ambientais. Desta forma, o que se observa é que a logística reversa vem ganhando importância como uma estratégia de negócio ambiental, lucrativa e sustentável, proporcionando para as empresas benefícios como: retorno econômico com a venda dos materiais de sobra das linhas de produção e minimização dos impactos ambientais (GRANT, 2013; CAXITO, 2014).

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como questão norteadora: quais os benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa em uma indústria pernambucana? O objeto de estudo consiste na logística reversa e tem como objetivo apresentar a análise de um processo de logística reversa em uma indústria pernambucana, destacando as vantagens e dificuldades para sua implementação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As preocupações com o meio ambiente e com a qualidade de vida das futuras gerações levaram as pessoas a procurarem alternativas para minimizar o desgaste ambiental causado pela vida moderna, dentro e fora das organizações. Nesse sentido, a logística reversa passou a despertar maior interesse dentro das empresas, como uma forma de auxiliar nessa minimização. Contudo, é importante ressaltar que a mesma é um desdobramento da Logística.

Sendo assim, é necessário compreender a função dos processos logísticos, para então entender como a Logística Reversa atua e, conseqüentemente, suas dificuldades e vantagens. Dessa forma, buscando gerar uma melhor comparação posterior e compreensão geral sobre o tema, o presente estudo apresenta seu referencial teórico subdividido nos seguintes tópicos: Logística; Logística Reversa; Relação existente entre Sustentabilidade (*Triple Bottom Line*) e Logística Reversa; Ciclo de vida do produto; Contrapontos entre Logística Direta e Logística Reversa.

2.1 Logística e Canais de Distribuição

A logística é a parte da cadeia de suprimentos responsável por planejar, implementar e controlar os fluxos de armazenamento e distribuição (RAZZOLINI FILHO, 2006). Através desse processo que a matéria-prima chega até a capacidade produtiva e os produtos finalizados são distribuídos aos consumidores (BOWERSOX et al., 2014).

Existem dois tipos de fluxos de materiais: internos e externos. Ambos precisam ser controlados de modo eficiente e eficaz para garantir um sucesso do processo produtivo e, posteriormente, da chegada ao consumidor final. Quanto às estruturas logísticas, segundo Corrêa (2010), geralmente, classificam-se como: centralizadas ou descentralizadas. Nas primeiras, o armazenamento concentra-se em um local único e, a partir dele, a distribuição acontece. Nas segundas, os locais são dispersos.

Para satisfazer a demanda, é necessário optar pelo melhor modo de chegada do produto ao cliente, escolhendo o melhor canal de distribuição para cada segmento e público-alvo. Segundo Kotler e Keller (2006), os canais normalmente descrevem o movimento de produtos da sua origem até sua chegada ao consumidor final. Tendo em vista que cada canal possui pontos fortes e fracos e que cada um atende a um segmento diferente de compradores, a maioria das empresas utiliza um mix de canais na busca por entregar os produtos certos para cada cliente e pelo menor custo.

Sendo assim, um fator decisivo para a escolha das estratégias logísticas a serem utilizadas é o custo. Segundo Ballou (2010), os custos logísticos estão ligados às diversas atividades suportes que compõem as atividades principais de abastecimento físico e distribuição física, como: transporte; manutenção de estoques; compras; embalagem preventiva; armazenamento; e controle de materiais. É importante destacar também a importância dos gerentes de logística que não estão isentos da competição externa, já que as mudanças nos ambientes de negócio são constantes e fatores, como a regulamentação governamental, interferem nesses ambientes e levam as empresas a ajustarem suas estratégias de logística, planejando rapidamente adequações significativas nos sistemas que gerenciam (PENOF; MELO; LUDOVICO, 2013).

Os canais de distribuição são os caminhos que levam os produtos aos clientes. Existem, também, os canais reversos, que são fundamentais para ações como reutilização e/ou reciclagem de produtos e descarte de produtos e embalagens. (KOTLER; KELLER, 2006). Os canais de distribuição

reversos podem ser seccionados em bens de pós-venda ou de pós-consumo. No primeiro, são classificados os canais de retorno de produtos pouco usados. No segundo, são compostos pela reentrada dos materiais descartados, após o término de sua utilidade original, em um ciclo produtivo de um novo bem, podendo ser subdividido em: de reuso, de reciclagem e de remanufatura (LEITE, 2009). Ainda de acordo com o autor Leite (2009), os canais de distribuição reversa podem ser classificados como abertos ou fechados. Os abertos, como o próprio nome sugere, possuem o foco na matéria-prima, não se preocupando com a origem. Os fechados limitam-se a recuperar o produto de pós-consumo originado da organização para reintroduzi-lo no ciclo produtivo.

2.2 Logística Reversa

Atualmente, é possível observar que o aumento da consciência ecológica dos consumidores na busca por empresas que reduzam seus impactos no meio ambiente tem levado algumas organizações a adotarem medidas, como projetos de logística reversa, visando comunicar ao público-alvo uma imagem institucional ecologicamente correta (CAXITO, 2014).

A logística reversa se traduz como o segmento da logística que trabalha o gerenciamento do caminho reverso dos materiais visando à competitividade e o ecológico (CAXITO, 2014). Através da gestão de canais reversos, essa logística mostrou-se uma ferramenta importante para questões de gestão ambiental e de ciclo de vida do produto. (CORRÊA; XAVIER, 2013). É importante ressaltar que a logística em questão é comumente confundida com a Logística Verde – ou Ambiental.

A Figura 1 ilustra as semelhanças e diferenças entre ambas as logísticas. Os autores Rogers e Tibben-Lembke (2001) fazem uma ressalva alegando que ações com o intuito de reduzir o impacto ambiental são melhores classificadas como logística verde, enquanto a logística reversa se restringe à ações de retorno do produto pelo fluxo inverso. Sendo as duas, práticas sustentáveis que visam poupar recursos naturais (NILSON, 2014).

É importante destacar que existem decisões gerenciais que envolvem o processo de logística reversa, dentre elas: quais tipos de materiais podem ser enviados no sentido inverso da cadeia de suprimentos; o que se pode recuperar, reciclar ou reutilizar e como o valor econômico e ecológico é determinado ao longo do processo (GRANT, 2013).

Figura 1. Comparação entre Logística Reversa e Logística Verde



Fonte: Rogers e Tibben-Lembke (2001, p. 131)

Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta de forma resumida as principais vantagens e dificuldades que podem existir ao longo de um processo de logística reversa.

Quadro 1. Vantagens e dificuldades da Logística Reversa

Logística Reversa	
Vantagens	Dificuldades
Auxilia no gerenciamento dos resíduos sólidos	Nível de incerteza maior que no processo convencional
Redução dos impactos ambientais	Difícil controle de qualidade
Redução de penalidades legais	Difícil controle de demanda
Melhoria da imagem organizacional	Descarte correto dos resíduos para coleta
Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto	Os custos podem ser elevados
Retorno econômico com a venda dos materiais de sobra das linhas de produção	Difícil análise da rentabilidade da operação

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

2.3 Relação existente entre Sustentabilidade (*Triple Bottom Line*) e Logística Reversa

O conceito de desenvolvimento sustentável baseia-se nos três pilares: social, ambiental e econômico. Buscar desenvolvimento econômico aliado à redução de impactos ambientais, objetivando o consumo consciente dos recursos escassos a fim de poupá-los, tendo em vista as necessidades das gerações futuras, é ser sustentável (LEITE,2009). Contudo, há também a busca pelo aspecto social equilibrado com os demais.

Para Corrêa (2010), a logística reversa e a sustentabilidade são temas interconectados. Visto que, a sustentabilidade objetiva garantir o atendimento às necessidades das gerações futuras e a logística reversa, o retorno do material à empresa para uma destinação adequada e menos nociva para o meio ambiente. Para uma empresa ser considerada sustentável, ela precisa possuir ações nos três pilares: econômico – a organização precisa adquirir sua sustentabilidade financeira; social – como está inserida em uma sociedade, necessita analisar como suas ações impactam seus *stakeholders*; e, ambiental – preocupar-se com os recursos naturais utilizados na sua produção.

Nas organizações, uma das medidas de desempenho que auxiliam na mensuração desse tipo de dado é o chamado *Triple Bottom Line* (3BL) (CORRÊA, 2010). Em complemento, Slaper e Hall (2011) afirmam que, mensurar os graus de sustentabilidade de uma empresa não é uma tarefa fácil, mas a ferramenta do 3BL contribui significativamente. Podendo ela se traduzir como um quadro contábilístico dividido em três dimensões: financeiro, social e ambiental.

Nesse sentido, Leite (2009) menciona que essa nova linha de preocupação, com a sustentabilidade ambiental, tem se convertido em um importante fator de incentivo à estruturação de canais de distribuição reversos. Assim, as preocupações relativas à responsabilidade empresarial e à ética, ambiental e social, que compõem os eixos de sustentabilidade do 3BL passam a ser o alicerce necessário para a garantia da sustentabilidade econômica.

Observa-se a existência de pressões sociais e legais para que as empresas adotem essa conduta sustentável. Leite (2009) acredita, inclusive, que a sustentabilidade será norteadora para guiar os esforços das empresas quanto à imagem e aos negócios. E a Logística Reversa, por sua vez, auxilia no gerenciamento dos resíduos sólidos, trazendo o aspecto ambiental para a integração dos ciclos que compõem o modelo *Triple Bottom Line*, tornando a empresa que a utiliza uma empresa sustentável.

2.4 Ciclo de Vida do Produto

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS possui a definição de ciclo de vida do produto como uma série de etapas que envolvem desde o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo, até a disposição final (BRASIL, 2010). No processo de Logística Reversa, o grau de incerteza da geração e coleta de matéria-prima secundária é elevado. Para otimizar o sistema é necessário dominar o ciclo de vida dos produtos a fim de reduzir essa imprevisibilidade, pois, ao conhecer cada etapa, torna-se mais menos complicado mensurar o local e o período do descarte do material. (CORRÊA; XAVIER, 2013).

Segundo Leite (2009), por um lado, vive-se uma indiscutível ânsia de lançamento de produtos, por outro, observa-se uma nítida redução no tempo de vida mercadológico e útil dos produtos em todos os setores da atividade humana, em virtude da introdução de novos modelos, que tornam os anteriores ultrapassados, pela concepção de serem utilizados de forma única, pelo uso de materiais de menor durabilidade, pela dificuldade técnica e econômica de conserto, entre outros. Destaca-se, também, a influência que o ciclo de vida do produto tem sobre a estratégia de distribuição. Faz-se necessário conhecer com profundidade as etapas para estabelecer um processo logístico adequado para cada uma delas, objetivando a efetividade (BALLOU, 2010). Promovendo, assim, a previsibilidade de recolhimento do produto.

2.5 Contrapontos entre Logística Direta e Logística Reversa

Retornar produtos de pós-consumo para o ciclo produtivo, muitas vezes, geram vantagens competitivas. Por essa razão, as estratégias de distribuição deve-se lidar com esse processo. A grande diferença entre a Logística Direta e a Reversa encontra-se no ponto de partida (CAXITO, 2014). Um inicia onde a outra termina, criando um processo logístico cíclico.

Entretanto, é importante ressaltar que o processo logístico reverso possui um grau de incerteza superior, e isso, acarreta qualidade e demanda de difíceis controles (CAXITO, 2014). Leite (2009) declara que para comparar os fluxos e compreendê-los, necessita-se observar os períodos analisados, pois existem bens mais duráveis e outros menos duráveis. Sendo aqueles processados em fluxo reverso após um espaço de tempo superior ao de outros materiais com durabilidade menor.

3. METODOLOGIA

A pesquisa busca identificar e descrever as realidades sobre a prática da logística reversa. Seguindo as orientações de Hair Jr et al. (2005), quando afirma que o processo de pesquisa na área da administração busca retratar verdadeiramente as ações e interações. Dessa forma, a pesquisa possui abordagem qualitativa por buscar entender os benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da logística reversa; e, quanto aos objetivos, é classificada como exploratória e descritiva.

Exploratória, segundo Gil (2002), por possibilitar familiaridade com o problema através da realização de visitas a fim de explicitá-lo, além de desenvolver uma melhor compreensão de um tema pouco estudado, conforme afirma Hair Jr et al (2005). Dado que, a logística reversa é um tema moderadamente recente e que está ganhando notoriedade e importância devido às problemáticas ambientais. É, também, descritiva por possuir um objetivo primordial de descrever um determinado fenômeno (GIL, 2002) ao relatar o processo de logística reversa em uma indústria pernambucana.

Quanto aos procedimentos, baseando-se na classificação de Vergara (2013), trata-se de uma pesquisa bibliográfica - por utilizar o material acessível ao público disponível na página da internet da indústria em questão; de campo - ao realizar visitas investigativas para conhecer a sede da empresa e colher os elementos para explicar o fenômeno; e um estudo de caso - por analisar de modo aprofundado como ocorrem os processos de logística de determinada organização. A coleta de dados estendeu-se além do meio já citado através do envio de um questionário aberto ao responsável pela logística da instituição. Ao término da coleta, por vias da técnica de análise de conteúdo - pré-análise; exploração do material; tratamento dos dados e interpretação - foram definidos, na primeira etapa, os materiais e procedimentos a serem utilizados, na segunda etapa, na qual foram aplicados os procedimentos escolhidos e, por fim, realizou-se as inferências dos dados seguidos da apresentação dos resultados do estudo e os contrapontos com a teoria apresentada (VERGARA, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando atender os objetivos da pesquisa e tomando como base o referencial teórico apresentado, esta seção visa apresentar os aspectos teóricos que foram verificados na prática de uma organização pernambucana que utiliza a logística reversa. Destacando, entre outros: como a sustentabilidade se apresenta na empresa; de que forma os processos logísticos são desempenhados pela organização; quais os benefícios de uma gestão sustentável; e como a logística reversa agrega valor para a organização, suas vantagens e dificuldades.

4.1 Sustentabilidade

Com relação à sustentabilidade, a empresa analisada declara-se como sustentável e divulga isso em seu site institucional, onde possui um campo específico para tratar do assunto, apresentando as ações que são realizadas pela instituição, além de disponibilizar material informativo sobre a reciclagem de seus produtos. Dessa forma, a empresa estudada certifica seu comprometimento declarado ao possuir a ISO 14.001, e também, por ser reconhecida pelo seu engajamento com o bem-estar social e do planeta, destacando-se as ações sociais e ambientais desempenhadas pela organização.

Com relação ao aspecto financeiro, a empresa é considerada de sucesso por ser referência em seu segmento. No que diz respeito às ações sociais, a organização possui um instituto que desenvolve projetos sociais nas áreas de educação socioambiental, reciclagem, criação e produção de artesanato e tem como visão colaborar na transformação das pessoas em cidadãos proativos e conscientes, por

meio de ações que favorecem o desenvolvimento de potencialidades e capacidades de crianças e jovens, que são seu público-alvo, apoiando-os na superação dos desafios da vida pessoal e da comunidade.

Tendo em vista a parte ambiental, a empresa possui um programa ambiental que consiste em um sistema de gestão padronizado onde todos têm a responsabilidade de garantir a sua aplicação, promovendo a conscientização e envolvendo de modo mais consistente, não só com a empresa, mas também com as causas sustentáveis, os funcionários, clientes, vizinhos e fornecedores. A organização possui um processo de preservação do meio ambiente para minimizar os impactos do seu processo produtivo. Entre as ações ambientais realizadas, estão: gestão hídrica, redução de emissão de gases de efeito estufa e a logística reversa. A primeira se traduz no uso de tecnologias que objetivam garantir economia de água em todos os processos da empresa. A segunda, na realização de mudanças tecnológicas em toda cadeia produtiva, o que possibilitou a redução das emissões de gases nocivos. Por fim, a terceira, com toda uma estrutura de reciclagem do produto final, garantindo a segurança e a ausência de descartes incorretos.

No que tange o meio financeiro, a empresa é considerada de sucesso por estar no mercado há décadas e ser líder em vendas onde atua - em todo o Brasil e alguns países próximos. Além de possuir, como consumidores de seus produtos, empresas de grande porte, que também são referências em seus segmentos no mundo todo.

4.2 Processo de Logística Direta

No que diz respeito ao processo logístico direto, a empresa possui um sistema de gestão próprio que suporta toda a estratégia da organização através de indicadores padrão para a área. Seu fluxo interno refere-se diretamente às áreas que possuem uma logística de suprimentos responsável pelo monitoramento e reposição de toda matéria-prima necessária para a fabricação do produto produzido. Já o externo, relaciona-se à distribuição do produto final através de seus meios: transportadora própria, distribuidores e revendas. Observa-se a existência de um processo capilarizado que contribui para que a empresa consiga atender um maior número de clientes, em diferentes localidades. Assim, a utilização de vários canais de distribuição se justifica por proporcionar a entrega dos produtos certos para cada cliente pelo menor custo (KOTLER; KELLER, 2006).

No que se refere à estrutura logística utilizada para dar suporte aos seus canais de distribuição, o responsável pela parte logística da empresa considera que a organização adota uma estrutura mista – centralizada e descentralizada. Centralizada por possuir um grande centro de distribuição em sua sede, para proporcionar um maior controle operacional e redução de custos, pois, como declara Corrêa (2010), as estruturas centralizadas são mais eficientes por se beneficiarem de efeitos como as economias de escala, tendo em contrapartida níveis de serviço menores. Porém, há uma descentralização, fruto da procura pela excelência do serviço, caracterizada pela existência de outros dois centros de distribuição, em localidades estratégicas, que facilitam o escoamento da produção. Uma vez que, esse tipo de estrutura proporciona uma proximidade dos mercados aos quais serve e isso oportuniza otimização do serviço (CORRÊA, 2010).

4.3 Processo de Logística Reversa

O fluxo logístico direto da empresa encerra sua distribuição nos pontos de venda, ou seja, quando consegue atingir o consumidor final. Em contrapartida, o fluxo inverso se inicia nos pontos de venda, local onde o comprador ao adquirir um novo produto deixa o usado e, o mesmo será recolhido para a reciclagem. Em seguida, o que foi recolhido pelos distribuidores é encaminhado para a empresa, com o auxílio do aparato da logística direta já existente.

Para auxiliar o balanço entre os produtos que saem da empresa e os que retornam, a organização adota em seu programa ambiental a ideia de que a mesma quantidade produzida deve ser retornada. Para isso, cada automóvel de transporte, obrigatoriamente, deve sair da empresa com uma certa quantidade de mercadoria nova e voltar com a mesma quantidade de mercadoria para reciclar. Nesse cenário, é possível perceber a integração existente entre a logística direta e reversa, onde clientes e distribuidores participam diretamente e são essenciais para a redução dos impactos ambientais.

Referente ao processo produtivo da empresa estudada há, basicamente, duas formas de captação de matéria-prima e a reciclagem é a principal fonte. Assim, é importante lembrar pontos que foram destacados por Grant (2013) no que diz respeito aos tipos de materiais possíveis de serem enviados no sentido inverso da cadeia de suprimentos, visto que, o produto da empresa em questão pode ser reciclado e não perde valor com o tempo.

Na análise realizada, destaca-se que a organização possui uma capacidade de reciclagem superior à sua produção. Além disso, de acordo com o respondente do questionário, de toda a matéria-prima que é utilizada para a produção, cerca de 60% é proveniente de material reciclado. Assim, é possível verificar como a empresa pode dimensionar o retorno econômico do seu processo de Logística Reversa, pois ela consegue calcular quanto de matéria-prima nova e mais cara ela deixa de adquirir, em contrapartida ao valor investido para realizar o processo de reciclagem, que além de ser mais barato, atende as legislações ambientais e melhora a imagem da organização ao trazer o retorno ambiental.

4.3.1 Benefícios de uma Gestão Sustentável

A empresa pernambucana segue a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que, conforme foi mencionado por Guarnieri (2016), determina a obrigatoriedade da Logística Reversa de pós-consumo, ou seja, dos produtos consumidos que estão no final da sua vida útil ou esgotaram a utilidade para o primeiro usuário, como ocorre com os produtos da organização. A empresa também é certificada, desde 2004, com a norma ISO 14.001. Tomando por base o que foi mencionado pela ABNT (2015), com relação aos benefícios proporcionados às empresas que adotam a abordagem de melhoria do desempenho ambiental da norma ISO 14001, foram selecionados quais desses benefícios citados a empresa consegue alcançar.

O primeiro deles é a conformidade com requisitos legais e regulamentares, por atender as legislações que tratam da destinação correta que deve ser dada ao material produzido; o segundo, é o aumento do envolvimento da liderança, com relação a parte ambiental, é possível perceber que a liderança está totalmente envolvida nos processos que são realizados, tendo em vista que a organização possui uma diretoria de sustentabilidade; O terceiro, o aumento do comprometimento dos

funcionários, a empresa sempre busca envolver os funcionários em todos os processos e ações realizadas em prol da coletividade e do meio ambiente. As ações também são divulgadas no site institucional, onde mencionam a importância dada ao envolvimento dos funcionários.

Há também, a melhoria na reputação da empresa e na confiança das partes interessadas, pois, a conscientização desenvolvida pela empresa passa também por clientes, vizinhos e fornecedores e a própria comunidade do entorno do centro de fabricação é envolvida no uso sustentável dos recursos hídricos. Além disso, as ações ambientais e sociais são divulgadas em seu site e a empresa possui uma cartilha explicando de forma resumida sua logística reversa e informando contatos para que as pessoas possam entregar seus produtos usados. Todas essas ações, boa parte atrelada a certificação ISO 14.001, fazem com que seus *stakeholders* tenham confiança que os produtos oferecidos proporcionam o menor impacto possível ao meio ambiente e isso faz com que a empresa tenha uma boa reputação no mercado. E, por fim, o alcance de vantagem competitiva, por ter a certificação que permite entrar em mercados restritos, pois alguns clientes exigem fornecedores certificados. Atualmente, sabe-se que a empresa está entre as marcas mais conhecidas, sendo referência no seu segmento.

4.3.2 Canais de Distribuição

No que se refere aos canais de distribuição reversos da empresa, eles são classificados, de acordo com Leite (2009), como um canal reverso de reciclagem, onde são extraídas as matérias-primas que serão utilizadas para os novos produtos. Na empresa analisada, pode-se dizer que o retorno dos materiais ocorre por meio de canais de distribuição reversos de ciclo fechado, pois os materiais constituintes do produto descartado são extraídos seletivamente para a fabricação de um produto similar ao de origem, conforme mencionou Leite (2009).

No caso analisado, o modelo reverso de distribuição é centralizado, pois os produtos em desuso são recolhidos pelos distribuidores e vão para um ponto central, responsável pela reciclagem, e é nele em que os materiais são separados e destinados para as etapas seguintes do processo reverso. Um fator que contribui para que esse modelo centralizado funcione na organização estudada é o fato de não ser um produto que perde valor no tempo. Pois, conforme visto na teoria, Corrêa (2010) menciona que a rede reversa centralizada tem como principal característica a eficiência e é a mais adequada para produtos com baixa perda de valor no tempo, pois a preocupação é com o ganho em escala e não com a rapidez.

4.4 Contrapontos entre Logística Direta e Reversa

Após a análise de como ocorrem os fluxos logísticos direto e reverso da organização em estudo, pode-se perceber que, assim como citado por Ballou (2010) e Caxito (2014), o planejamento da logística reversa não difere da logística direta, pois ambas envolvem etapas como: armazenamento, frete e fluxo de materiais. E, como observado, a empresa utiliza os mesmos canais de distribuição tanto para o ciclo direto, como para o ciclo reverso. O que demonstra que na organização em estudo, os fluxos diretos e reversos estão conectados pela sua estrutura, iniciando-se um no término do outro, como fora mencionado por Caxito (2014).

Segundo o responsável pela logística da empresa, a logística direta possui uma movimentação mais facilitada tendo em vista a infraestrutura do centro de distribuição da organização, pois, há a possibilidade de padronizar a forma de embalar os produtos que serão distribuídos e, conseqüentemente, otimizar o espaço disponível nos veículos de transporte dessas cargas. Entretanto, na logística reversa essa movimentação de produtos não é facilitada, pois diferentes modelos retornam em conjunto. Dessa forma, a movimentação torna-se mais complexa porque é mais difícil organizar os lotes e otimizar o espaço disponível do veículo que retornará para a empresa. Nesse sentido, pode-se perceber que a logística reversa, muitas vezes, é mais difícil de controlar, visto que a logística direta, em geral, é mais padronizada e possui inúmeras ferramentas de controle. Assim, o processo logístico reverso possui um grau de incerteza maior se comparado ao fluxo direto, como mencionado por Caxito (2014).

4.5 Vantagens e Dificuldades na Implementação da Logística Reversa

Com base no que já foi mencionado a respeito de como a empresa em estudo realiza seu fluxo logístico reverso, é possível destacar algumas vantagens proporcionadas pela realização da logística reversa. Assim como são destacadas, também, algumas dificuldades que tornam a mesma mais complexa que a logística direta. A Logística Reversa consegue proporcionar para a organização todas as vantagens mencionadas no Quadro 1. Pois, como já visto, a utilização do fluxo reverso colabora para que a empresa atenda aos requisitos das legislações ambientais, reduzindo assim penalidades legais. Conseqüentemente, a empresa consegue gerenciar melhor seus resíduos sólidos, diminuindo assim seu impacto ambiental.

Entre as vantagens observadas, também se destacam a melhoria da imagem organizacional e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. Tendo em vista que a organização passa a ser reconhecida por desempenhar seu trabalho de forma sustentável, e essa imagem organizacional positiva é essencial para o relacionamento com os seus *stakeholders*, principalmente, em razão da empresa ser considerada a líder do mercado na América do Sul e possuir como clientes outras empresas de grande porte espalhadas pelo mundo. Além disso, a logística reversa possui uma responsabilidade compartilhada com todas as pessoas que participam de cada etapa dos ciclos dos produtos pois, são eles que permitem que a reciclagem dos produtos descartados ocorra, iniciando o ciclo reverso e permitindo a produção de novos produtos reduzindo a utilização de matéria-prima, que precisaria ser extraída do meio ambiente. Nesse sentido, o responsável pela logística considera, como uma grande vantagem da utilização da logística reversa, a redução dos altos custos de importação da principal matéria-prima para a produção além de outros materiais que podem ser reciclados, como os que compõem a embalagem.

Entre as dificuldades que podem existir, para o responsável pela logística da empresa em estudo, destacam-se três: a) a diversidade do material coletado, o que dificulta o processo de reciclagem; b) a necessidade de intensificar a atenção com relação aos tipos de produtos coletados; e, c) a falta de infraestrutura de alguns distribuidores. No que se refere a infraestrutura antiga de alguns distribuidores, o responsável pela logística informa, também, que a organização já possui um Plano Diretor em curso, o qual padroniza toda a infraestrutura física das unidades dos distribuidores. Isso porque, segundo ele, unidades não adequadas fisicamente, dificultam o processo de organização, para envio dos produtos e, conseqüentemente, para o atendimento dos procedimentos de reciclagem

internos da empresa. Ainda com relação às dificuldades da Logística Reversa encontradas na organização em estudo, pode-se perceber que, assim como apontado na teoria, o nível de incerteza do fluxo reverso é maior se comparado ao processo de fluxo direto. Além disso, o controle de qualidade possui um nível de complexidade mais elevado, no que se refere às mercadorias que retornam, pois não tem como saber ao certo o estado de conservação da embalagem, e, conseqüentemente, das demais matérias-primas que serão extraídas.

5. CONCLUSÕES

A partir da análise realizada, na qual se pôde estabelecer os contrapontos existentes entre a teoria, a respeito da logística reversa, e a sua prática em uma organização, é possível inferir que a implementação de uma política sustentável com o auxílio do fluxo reverso traz benefícios não só para o meio ambiente, que deixa de receber os resíduos poluentes, mas também para a sociedade e para a própria organização.

No que se refere à organização estudada, foi possível identificar que de fato ela é uma empresa sustentável, pois realiza ações que atendem as três dimensões de desempenho do Triple Bottom Line: a dimensão social, ao promover um trabalho conjunto entre a sociedade e a empresa; a dimensão financeira, ao reduzir custos e a atrair novos clientes por boa reputação no mercado advinda de suas ações e atendimento às legislações ambientais; e a dimensão ambiental, por meio de um programa ambiental específico da empresa.

Como trabalhos futuros, sugere-se ampliar as investigações para que se identifique as dificuldades de implementação do fluxo reverso em outras organizações a fim de gerar conhecimento que tornem os métodos de implementação da Logística Reversa mais acessíveis.

REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B.; BOWERSOX, J. C. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 27 abr. 2016

CAXITO, F. (coord.) **Logística: um enfoque prático**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

CORRÊA, H. L. **Gestão de redes de suprimento: integrando cadeias de suprimento no mundo globalizado**. São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, H. L.; XAVIER, L. H. **Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis**. São Paulo: Atlas, 2013.

DOMINGUES, G. S.; GUARNIERI, P.; STREIT, J. A. C. Princípios e Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Educação Ambiental para a Implementação da Logística Reversa. **Revista em Gestão**,

- Inovação e Sustentabilidade** - Brasília, v. 2, n. 1, p. 191-216, jun. 2016. Disponível em:
<<http://periodicos.unb.br/index.php/regis/article/view/18565/13819>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GONÇALVES, M. E.; MARINS, F. A. S. **Processo de Logística Reversa: Estudo de Caso das Aparas na Laminação de Vidros**. XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov. 2004.
- GUARNIERI, P. **Logística Reversa: Desafios e Oportunidades no Brasil e no Mundo**. Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade - Brasília, v. 2, n. 1, p. 11-16, jun. 2016. Disponível em:
<<http://periodicos.unb.br/index.php/regis/article/view/19361/13828>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- GRANT, D. B. **Gestão de Logística e Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- HAIR JR, J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMOUEL, P. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HERNÁNDEZ, C. T.; MARINS, F. A. S.; CASTRO, R. C. **Modelo de Gerenciamento da Logística Reversa**. Gestão & Produção. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), v. 19, n. 3, p. 445-456, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/29897>>. Acesso em: 29 abr. 2016.
- KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Logística reversa**. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- RAZZOLINI FILHO, E. **Logística: evolução na administração - desempenho e flexibilidade**. Curitiba: Juruá Editora, 2006.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. An examination of reverse logistics practices. **Journal of Business Logistics**, Vol.22, No. 2, 2001
- SLAPER, T. F.; HALL, T. J. **The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work?**. Indiana University Kelley School of Business, Indiana Business Research Center. Indiana Business Review, Spring 2011. Disponível em: <<http://www.ibrc.indiana.edu/ibr/2011/spring/pdfs/article2.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2016.
- VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

1.3 COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS: FERRAMENTA DE INCENTIVO PARA POLÍTICAS PÚBLICAS DE SUSTENTABILIDADE

MENDONCA, Renata C.A.

Faculdade de Administração da Universidade de Pernambuco (FCAP/UPE)
renatacamara@yahoo.com.br

PEDROSA, Ivo V.

Faculdade de Administração da Universidade de Pernambuco (FCAP/UPE)
ivo.pedrosa@upe.br

RESUMO

O objetivo de um país é o crescimento econômico sustentável e as compras públicas podem ser uma ferramenta de incentivo à prática sustentável. Este estudo propôs-se identificar como o governo federal tem contribuído com o desenvolvimento sustentável através de políticas públicas voltadas às Compras Públicas Sustentáveis (CPS). Quanto ao método de pesquisa, foi utilizada a pesquisa bibliográfica e documental em legislação e planos de ações do governo federal sobre CPS. Essas se revelaram mecanismos que atendem as diretrizes do Plano Plurianual de Ações (PPA) da União. Verificou-se também que a partir de 1999 foi iniciada a construção de um arcabouço jurídico mais propício ao consumo sustentável e que muitas destas leis e decretos podem servir como ferramentas para efetivação de programas contemplados a partir do PPA do Governo Federal. Devido à complexidade da legislação sobre o tema, torna-se relevante um estudo das políticas públicas voltadas às CPS.

PALAVRAS-CHAVE: Licitação sustentável, Consumo, Plano Plurianual de Ações (PPA).

1. INTRODUÇÃO

O número crescente de desastres ambientais com impacto mundial chama a atenção da opinião pública para a gravidade do problema. Diamond (2012) levanta um questionamento simples, mas intrigante; por que as sociedades tomam decisões tão obviamente desastrosas como cortar as árvores das quais dependem? Na reflexão do autor, isto acontece pelo conflito de interesses entre membros de grupos.

De fato, as decisões, sejam elas individuais ou em grupo, normalmente são tomadas pensando no melhor para si ou para um grupo minoritário, mas com poder político. Assim, a concepção de Goldmann (1967) de que a vida econômica assume o aspecto do egoísmo racional do *homo economicus*, da busca exclusiva do máximo de lucros, sem qualquer preocupação com os problemas da relação humana com outrem e, sobretudo sem qualquer consideração pelo todo, revela-se um pensamento atual.

Neste contexto, onde a desarticulação socioeconômica, política e ambiental é predominante, a busca de soluções que resultem num desenvolvimento conjugado com uma melhor qualidade de vida, exige um maior envolvimento de todos os setores, incluindo a população, a iniciativa privada, as organizações do terceiro setor e, em especial, da “administração pública” (MATIAS-PEREIRA, 2010, p. 222). Assim, a busca de sustentabilidade por meio de alternativas políticas que considerem a importância da participação local se transforma em uma meta com crescente legitimidade (TAVOLARO, 1999).

Segundo Beck (1999 *apud* FERREIRA, 2004, p. 27), reformas institucionais e, principalmente, novos métodos nos processos de decisão são fundamentais para o real sucesso dessas políticas. Para o autor, incentivos às mudanças comportamentais deveriam complementar as ações governamentais. Desta forma, as Compras Públicas Sustentáveis surgem como uma ferramenta na busca destas mudanças comportamentais, mas para a sua implantação é necessário um trabalho de conscientização e divulgação de informações que despertem o interesse pela mudança de atitude. Rosset e Finger (2017) reconhecem que ainda é escassa a produção científica nessa área até então, apesar de se constatar um aumento das pesquisas e de se tratar de assunto relevante para a gestão pública. Capello e Oro (2015) enfatizam que o sistema de compras públicas detém relevância especial, tanto para a promoção do gasto eficiente, como pelo interesse de preservar valores institucionais como a transparência, participação dos cidadãos e prevenção da corrupção.

Este artigo tem como objetivo identificar como o governo federal tem contribuído com o desenvolvimento sustentável através de políticas públicas voltadas às compras públicas sustentáveis. Quanto ao objetivo específico, o estudo faz um levantamento de leis, decretos e planos de ações mais recentes sobre licitação sustentável. Busca-se verificar, através dessas leis e demais documentos mencionados, como as compras sustentáveis servem de mecanismo para atender as diretrizes do Plano Plurianual da União. Esse estudo pode ser entendido como de natureza qualitativo-descritiva e bibliográfica. A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

O presente trabalho está estruturado em cinco seções, sendo primeira a introdução, a segunda trata dos temas considerados importantes para o entendimento do problema da pesquisa, a terceira descreve a metodologia, em seguida serão apresentados os resultados e discussões e, por fim, as conclusões.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Desenvolvimento Sustentável e suas Dimensões

“Se a população global de fato chegar a 9,6 bilhões em 2050, serão necessários quase três planetas Terra para proporcionar os recursos naturais necessários a fim de manter o atual estilo de vida da humanidade, segundo o Banco Mundial” (ONU, 2017). Estamos vivendo uma era do consumo desenfreado, onde existem duas formas de obsolescência: a programada e a perceptiva.

O resultado desse estilo de vida se reflete nos resíduos sólidos gerados no país. Assim, de acordo com o IPEA (2010), apenas 12% dos resíduos sólidos urbanos e industriais são reciclados, o que faz com que o Brasil perca R\$ 8 bilhões por ano por enterrar parte do lixo que poderia ter um novo uso, após a reciclagem. A situação se agrava ao percebermos que os 20% mais ricos consomem 82,4% das riquezas da terra, enquanto os 20% mais pobres têm que se contentar com apenas 1,6% (CHOMSKY, *apud* BOFF, 2013, p.18).

Diariamente recebemos recados da natureza informando que não estamos no caminho certo e precisamos urgentemente reavaliar nossos conceitos de vida. O número crescente de desastres ambientais com impacto mundial chamou a atenção da opinião pública para a gravidade do problema. Caso atual aconteceu em Mariana (MG), após o rompimento da barragem da mineradora São Marcos, sendo o maior desastre ambiental da história do Brasil.

(DIMOND, 2012) descreve que a empresa Chevron e outras grandes empresas internacionais de petróleo deram-se conta que gastando alguns poucos dólares extras em um bom projeto economizariam dinheiro a longo prazo minimizando o risco de perder bilhões de dólares em um acidente, ou ter todo um projeto embargado e perder todo o investimento feito, ou seja, limpar a poluição geralmente é bem mais caro do que evitá-la.

Diante de tantos desastres, foi criado um grande número de normas e regulamentos internacionais, e ao mesmo tempo, surgiram inúmeras organizações responsáveis para aplicar e acompanhar a efetivação destes instrumentos legais. Esta nova realidade implica em uma radical mudança de atitude por parte das empresas que precisam cada vez mais levar em consideração a opinião pública quando se trata de questões ambientais.

Logo, as empresas estão deixando de lado a visão reduzida e orientada às perspectivas dos acionistas para adotar uma visão estratégica voltada ao *stakeholders* que são as partes interessadas: fornecedores, clientes, funcionários, governo, consumidores, sociedade e os próprios acionistas. Neste novo contexto, surge o termo Desenvolvimento Sustentável. A definição mais aceita diz que é o crescimento que não esgota os recursos para o futuro. Logo depois, adotou-se nas organizações o conceito *The triple bottom line*, que reflete um conjunto de valores, objetivos e processos em três dimensões: econômica, social e ambiental.

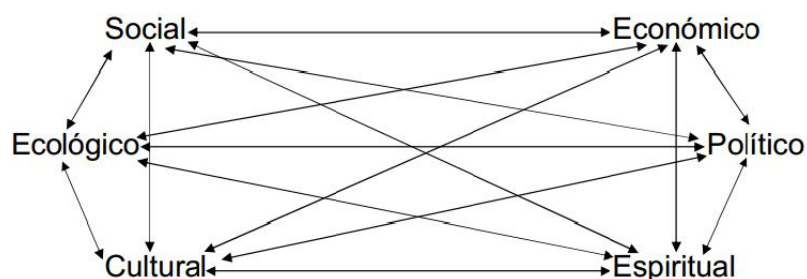
Do ponto de vista econômico, as empresas precisam ser economicamente viáveis dando retorno ao investimento realizado pelo capital privado. Em termos sociais, as empresas devem proporcionar melhores condições de trabalho, respeitando os direitos trabalhistas e procurando ampliar a diversidade cultural existente na sociedade. Na perspectiva ambiental, as empresas devem adotar ecoeficiência nos seus produtos e aplicar uma produção mais limpa, desenvolver uma cultura ambiental organizacional e adotar uma postura de responsabilidade ambiental.

Boff (2013) faz uma crítica aos vários modelos atuais que buscam a sustentabilidade, pois alega que na maioria dos casos a sustentabilidade apresentada é mais aparente que real. Para o autor, sustentabilidade e desenvolvimento configuram uma contradição nos próprios termos. Um privilegia o indivíduo, a outra o coletivo; um enfatiza a competição, a outra a cooperação; uma a evolução do mais apto, a outra a evolução de todos juntos e inter-relacionados. O autor defende um modelo holístico de economia solidária que integra o humano, o social, o ético, o espiritual e o ambiental.

Oliveira e Santos (2015) consideram o desenvolvimento sustentável como um conceito que se encontra em expansão, que, por seu caráter multidisciplinar, não pode ser reduzido a uma única dimensão, sob o risco de abandonar seu caráter sustentável distante da realidade concreta. Gil et al. (2006) indicam que um dos valores nucleares do desenvolvimento sustentável é o da ‘Responsabilidade Universal’, ou seja, a responsabilidade que pode causar impacto tanto no nível local como global. Isto se deve à multiplicidade de reações em cadeia que uma ação pode suscitar em diferentes áreas. Desta forma, não se pode considerar isoladamente os aspectos sociais, os econômicos, os ecológicos, os culturais, os políticos e os espirituais.

Ferreira e Tostes (2015) interpretam que a Figura 1 além de mostrar as dimensões e as interações do desenvolvimento sustentável, expõe a complexidade do conceito, cujo resultado emboca em uma complexa teia de relações entre diversas dimensões. Consideram que entre as diversas dimensões, a espiritual é que se coloca com maior dificuldade, por ser a que menos se considera.

Figura 1. Dimensões e interações do Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Gil et al. (2006).

Com toda esta complexidade sobre desenvolvimento, as políticas públicas e a educação ambiental têm papel importante para a efetivação de práticas na busca de soluções sustentáveis.

2.2. Políticas Públicas e o Plano Plurianual de Ações (PPA)

A política pública tem um fim útil que é a geração do desenvolvimento. Em qualquer sociedade, o Estado intervém na questão econômica para alcançar um maior grau de crescimento econômico, desenvolvimento social, de igualdade, dentre outros valores, ou seja, a melhoria de padrão de desenvolvimento.

Hoje as questões políticas são cada vez mais complexas e a questão ambiental é um dos assuntos mais debatidos na atualidade. A problemática ambiental foi gradativamente ganhando importância no Brasil a ponto de chegar a ser, em determinadas ocasiões (como o foi no Rio-92), pauta essencial na agenda política oficial (TAVALARO, 1999). Nesse contexto, o Estado tem um importante papel para que a formulação, implementação e gerenciamento de políticas de sustentabilidade ocorram de forma efetiva.

Souza (2006, p.24) resgata as contribuições dos principais autores que se dedicaram ao estudo desses temas. A autora cita:

Não existe uma única, nem melhor, definição sobre o que seja política pública. Easton (1965) definiu a política pública como um sistema, ou seja, uma relação entre formulação, resultados e o ambiente. Para Peters (1986) política pública é a soma das atividades dos governos, que agem diretamente ou através de delegação, e que influenciam a vida dos cidadãos. Mead a define como um campo dentro do estudo da política que analisa o governo à luz de grandes questões públicas.

Tavolaro (1999) defende que o Estado deve permanecer sendo elemento central para a efetivação das questões ambientais e para que a formulação, implementação e gerenciamento de políticas de sustentabilidade ocorram com sucesso. Para isso, a autora argumenta que é necessário afastar a ideia de que o Estado é um corpo monolítico, dotado de uma homogeneidade inflexível. Para ela, as políticas públicas são, dentre outras coisas, o resultado da interação entre os atores coletivos e individuais, que se relacionam de maneira estratégica a fim de fazerem valer e articular seus diferentes projetos.

Percebe-se que as pessoas têm a ideia que as políticas públicas são de responsabilidade só dos governos, devido ao Brasil ter uma tradição autoritária muito forte do período da ditadura dos anos sessenta aos oitenta, onde existiu um modelo centralizador de gestão. Na verdade, a construção da política pública deve ser feita com o coletivo, com uma coprodução entre o Estado e a sociedade civil.

Souza (2006) extrai e sintetiza os elementos principais das diversas definições e modelos sobre políticas públicas:

- Permite distinguir entre o que o governo pretende fazer e o que, de fato, faz.
- Envolve vários atores e níveis de decisão, embora seja materializada através dos governos, e não necessariamente se restringe a participantes formais, já que os informais são também importantes.
- É abrangente e não se limita a leis e regras.
- É uma ação intencional, com objetivos a serem alcançados.
- Embora tenha impactos no curto prazo, é uma política de longo prazo.

- Envolve processos subsequentes após sua decisão e reposição, ou seja, implica também implementação, execução e avaliação.

Com o objetivo de integrar o planejamento à execução das políticas públicas foi criado o Plano Plurianual de Ações (PPA) para ser um instrumento de planejamento e gestão estratégica. Paulo (2010) destaca que o mesmo é aprovado por uma lei, de iniciativa do poder executivo, que deve “estabelecer de forma regionalizada, as diretrizes, os objetivos e as metas da administração pública federal para as despesas de capital e outras dela decorrentes e para as relativas aos programas de duração continuada” (CF/88, art. 165, §1º).

Assim, O PPA também indica os meios para se atingir os objetivos de um programa, podendo assumir a forma de projetos, atividades ou operações especiais (Ações) (Figura 2). A Figura 2 retrata o processo integrado de alocação de recursos, compreendendo as atividades de planejamento e orçamento, mediante a definição de três instrumentos de iniciativa do poder executivo, a saber: Plano Plurianual - PPA; Lei de Diretrizes Orçamentárias - LDO e a Lei Orçamentária Anual - LOA (JUND, 2006). Sendo o PPA um planejamento estratégico de longo prazo (4 anos), já a LDO tem nível de planejamento tático (1 ano) e a LOA de nível operacional (1 ano).



Fonte: Guedes (2016).

Em 2012, a Controladoria-Geral da União (CGU) elaborou uma cartilha (Olho Vivo no dinheiro público) sobre controle social com o intuito de contribuir para a formação de uma nova cultura política, fundada na democracia participativa, no planejamento, gestão e controle das políticas públicas. O objetivo é de estimular a formação de fiscais do dinheiro público que, conseqüentemente, irá ajudar a combater e prevenir a corrupção e trabalhar em favor da aplicação correta e transparente dos impostos arrecadados (CGU, 2012). A cartilha fornece orientações para acompanhar os gastos públicos e informa como fazer o encaminhamento das denúncias aos órgãos responsáveis.

2.3. Educar para Consumo Consciente

O problema do Brasil não é apenas gerar renda e aumentar o PIB, mas principalmente de exclusão social, de falta de geração de qualidade de vida, enfim, do que se chama de um não desenvolvimento sustentável (DOLABELA, 2004). Almeida (2002) defende que o velho paradigma não dá conta de entender e lidar com as complexidades e sutis transformações, cada vez mais rápidas, causadas pela tecnologia que induzem à instabilidade econômica, ambiental e social, por um lado, e à perda da diversidade natural e cultural por outro. Assim, o autor relata que os desequilíbrios socioambientais são o resultado do velho paradigma cartesiano e mecanicista, com sua visão fragmentada do mundo, o que nos leva à busca do entendimento do novo paradigma da sustentabilidade.

Quadro 1. Características de paradigma cartesiano *versus* paradigma da sustentabilidade .

Cartesiano	Sustentável
Reducionista, mecanicista, tecnocêntrico	Orgânico, holístico, participativo
Fatos e valores não relacionados	Fatos e valores fortemente relacionados
Preceitos éticos desconectados da prática cotidiana	Ética integrada ao cotidiano
Separação entre o objetivo e o subjetivo	Interação entre o objetivo e o subjetivo
Relação de dominação	Relação de sinergia
Conhecimento compartimentado e empírico	Conhecimento indivisível, empírico e intuitivo

Fonte: Adaptado de Almeida (2002).

A mudança de paradigma passa necessariamente por uma reflexão profunda de comportamento. Neste ponto entra a educação ambiental, como uma ferramenta em um campo de conhecimento a ser trabalhado com o objetivo de provocar mudanças de valores, condutas, atitudes, costumes viciados e sentimentos de forma permanente (REIGOTA, 1994).

Para Morin (2005, p. 36) é necessário buscar no presente uma educação do futuro, que não desuna os homens e não reduza o saber a compartimentos, mas que destaque os saberes das totalidades globais, dos problemas multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais e planetários. A educação é essencial para o alcance do desenvolvimento sustentável, já que envolve a mudança dos padrões de consumo, cultura e valores, despertando a consciência ecológica para a valorização da natureza (SOUSA; CARVALHO, 2015).

De acordo com Pelicioni e Philippi Jr. (2005) a educação ambiental prepara os cidadãos para a reflexão crítica e uma ação social corretiva ou transformadora, de maneira que seja possível o desenvolvimento dos seres humanos. Desta forma, a educação ambiental tem um importante papel para desenvolver a prática do consumo consciente.

Sousa e Carvalho (2015) provocam uma meditação ao afirmarem que o consumo não se resume ao ato da compra, pois o mesmo tem várias fases e tem início antes deste ato, desdobrando-se em diversas etapas. Assim, recomendam refletir sobre:

- Por que comprar? É realmente necessário comprar determinado produto naquele momento?

- Como comprar? Convencido de que realmente é necessário adquirir o bem, deve-se fazer uma análise das finanças.

- O que comprar? Deve-se pensar no planeta como um todo. Comprar um produto pirata ou optar por um legítimo que tem maior durabilidade e foi fabricado atendendo padrões de qualidade?

- De quem e onde comprar? Ficar atento às práticas de responsabilidade social das empresas. Analisar como é a produção do produto, o tipo de embalagem que utiliza etc.

- Como usar? Usar o produto de maneira inadequada diminui a vida útil do mesmo, o que contribui para o desperdício de recursos naturais.

- Como descartar? Antes de jogar fora, deve-se refletir: isso de fato é resíduo? Poderá ser reutilizado? Doado? Pode ir para um lixo comum ou é um produto que contamina o meio ambiente? Como pode ser reutilizado? Onde colocar os rejeitos?

Conforme Beck e Pereira (2012), comportamentos de consumo ambientalmente conscientes referem-se às escolhas assumidas diariamente ao comprar, consumir e descartar bens, discernindo sobre quais necessidades devam ser satisfeitas de forma a não prejudicar o meio ambiente. Assim, o consumidor consciente fomenta, por meio de suas compras, benefícios para o desenvolvimento sustentável.

2.4. Compras Públicas Sustentáveis (CPS)

Silva (2011) constata que com essa visão mais responsável do consumo, torna-se possível perceber que há possibilidade de redirecionamento das características de consumo, ao se considerar a ideia de preocupação com o Desenvolvimento Sustentável. Logo, as CPS podem servir de ferramenta para prática do consumo consciente.

As CPS, também conhecidas como licitações sustentáveis ou eco aquisição (BIDERMAN *et al.*, 2008, p.21), são definidas da seguinte forma:

As CPS são uma solução para integrar as considerações ambientais e sociais em todas as fases do processo de compra e contratação dos governos, com o objetivo de reduzir os impactos à saúde humana, ao meio ambiente e aos direitos humanos, ao mesmo tempo resultando em economia para a administração pública.

As aquisições e contratações públicas “movimentam recursos da ordem de 10% do PIB, mobilizando setores importantes da economia que se ajustam às demandas previstas no edital de licitação” (BIDERMAN *et al.*, 2008, p.11). A maioria dos países desenvolvidos já instituiu procedimentos e instrumentos voltados para a implementação das CPS, dando ênfase especial aos aspectos ambientais através da aquisição de materiais reciclados (ALENCASTRO; SILVA; LOPES, 2014). Logo, as contratações públicas precisam incentivar o mercado nacional a ajustar-se à nova realidade da sustentabilidade que está se tornando o fator diferencial na competição internacional do século XXI (BRASIL, 2017).

A CPS é um assunto tão atual e relevante, que a ONU desenvolveu 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e o objetivo 12 trata de assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Assim, encoraja a promoção de práticas de compras públicas sustentáveis, de acordo com as políticas e prioridades nacionais (ONU, 2017a). Para Adjei (2010) é hora de mudar o foco dos sistemas de contratos públicos de vantagens econômicas e imediatas para vantagens públicas sustentáveis, que irá resultar em benefícios a longo prazo e não apenas para os governos, mas para todos envolvidos.

O *Environmental Performance Index* - EPI, ranking bienal elaborado por uma equipe de especialistas das universidades americanas de Yale e de Columbia, classificou 180 países com base em 20 indicadores distribuídos por 9 categorias. O Brasil apresentou uma melhora notável em relação à edição 2014, saindo da 77ª posição para a 46ª no ranking. Finlândia, Islândia, Suécia, Dinamarca foram caracterizados, em 2016, como países mais verdes do mundo (BARBOSA, 2016). Apesar da melhora do Brasil no ranking de países mais verdes do mundo, há muito a evoluir a começar pelas CPS que são pouco expressivas em relação às compras totais do governo federal.

De acordo com o Ministério do Planejamento em 2012, as compras realizadas pelo governo federal movimentaram R\$ 72,6 bilhões na aquisição de bens e serviços. Deste montante, as compras sustentáveis responderam por cerca de R\$ 40 milhões, o que representa 0,1% do total gasto. Couto e Ribeiro (2016) investigaram como os especialistas compreendem, refutam ou validam os objetivos e estabelecem os desafios prioritários à implementação da política pública de compras sustentáveis na esfera federal. Neste estudo, foi feita uma classificação das barreiras à implementação da política pública voltada à CPS. Sendo as principais listadas no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2. Classificação das barreiras à implementação da política pública.

Barreiras à implementação	Nível de consenso	Respostas*
Falta de capacitação dos servidores envolvidos	100%	4 (4-4)
A cultura organizacional das instituições públicas, ainda resistente a questões ligadas à sustentabilidade	88,2%	4 (3-4)
Elevada complexidade das decisões a serem tomadas pelos gestores de compras	88,2%	3 (3-4)
Ausência de catálogos de materiais e/ou serviços com critérios específicos para a escolha de itens sustentáveis	82,4%	3 (3-4)
Ausência de informações confiáveis sobre os impactos ambientais de produtos e serviços	82,4%	4 (3-4)

Fonte: Couto; Ribeiro (2016).

A complexidade da legislação brasileira sobre o tema traz insegurança para o gestor público em suas decisões, conforme estudo realizado por Couto e Ribeiro (2016). Alguns especialistas, na pesquisa, avaliam que as informações já existem, mas falta interesse ou capacidade para bem utilizá-las. Desta forma, torna-se relevante um estudo sistemático das políticas públicas voltadas às CPS que possam servir de guia de consulta tanto para servidores como fornecedores. Outro importante limite às CPS é a crônica corrupção no setor público brasileiro. O Brasil é considerado altamente corrupto, o 40º país no índice de percepção de corrupção (TRANSPARENCY INTERNATIONAL, 2016). Daí a importância da cartilha elaborada pela CGU (Olho vivo no dinheiro público).

3. METODOLOGIA

Quanto aos objetivos da pesquisa, pode-se considerar como descritiva, pois conforme Beuren *et al.* (2009), descrever significa identificar, relatar, comparar entre outros aspectos. Buscou-se identificar, através da legislação, como as CPS servem de mecanismo para atender as diretrizes do Plano Plurianual da União. Foi utilizada consulta bibliográfica, através de levantamento de leis e decretos mais recentes que envolviam compras públicas sustentáveis. Realizou-se, também, exploração no portal CAPES sobre artigos que abordavam compras governamentais sustentáveis, políticas públicas e educação para o consumo consciente. Esse estudo é fundamentado na pesquisa qualitativa e não se apresenta como uma proposta rígida, dando margens para que a imaginação e a criatividade conduzam os pesquisadores a propor conclusões e projetos que enfoquem horizontes inovadores (GODOY, 1995, p.21).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PPA é um instrumento previsto no art. 165 da Constituição Federal destinado a organizar e viabilizar a ação pública. Por meio dele, é declarado o conjunto das políticas públicas do governo para um período de quatro anos e os caminhos trilhados para viabilizar as metas previstas (BRASIL, 2015). Algumas das diretrizes do PPA para o período de 2016 a 2019, previstas no art. 4º são: o desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social; e o estímulo e a valorização da educação, ciência, tecnologia e inovação e competitividade.

Para esta pesquisa foi feito um levantamento de leis, decretos, instruções normativas encontradas em editais de licitação do governo federal que abordavam o tema CPS. Assim, foi feito um levantamento comparativo entre as diretrizes do PPA (2016-2019), os programas atuais de governo previstos na (LOA) e a legislação relacionadas às CPS e que podem contribuir para a concretização das diretrizes do PPA vigente, conforme Quadro 3.

As CPS são uma solução para integrar as considerações ambientais e sociais em todas as fases do processo de compra e contratação dos governos (BIDERMAN *et al.*, 2008). A diretriz do PPA, desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social, condiz com o conceito de CPS. Podemos citar alguns trechos de lei que ratificam a questão da inclusão social:

“Nas contratações públicas da administração direta e indireta, autárquica e fundacional, federal, estadual e municipal, deverá ser concedido tratamento diferenciado e simplificado para as microempresas e empresas de pequeno porte objetivando a promoção do desenvolvimento econômico e social no âmbito municipal e regional, a ampliação da eficiência das políticas públicas e o incentivo à inovação tecnológica. Deverá realizar processo licitatório destinado exclusivamente à participação de microempresas e empresas de pequeno porte nos itens de contratação cujo valor seja de até R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais)” (Lei nº 123/2006, Art. 47, I);

“São diretrizes da alimentação escolar:

O apoio ao desenvolvimento sustentável, com incentivos para a aquisição de gêneros alimentícios diversificados, produzidos em âmbito local e preferencialmente pela

agricultura familiar e pelos empreendedores familiares rurais, priorizando as comunidades tradicionais indígenas e de remanescentes de quilombos” (Lei nº 11.947/2009, Art, 2º, V);

“Será aplicada a margem de preferência de que trata o art. 1º apenas aos produtos manufaturados nacionais, conforme as regras de origem estabelecidas em Portaria do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior”. Esta lei favorece produtos comprovadamente produzidos no Brasil, fomentando a inovação e produção de produtos nacionais (Decreto nº 7.601/2011, Art. 2º).

A partir de 15 de dezembro de 2010, alinhando-se com as medidas do Plano Brasil Maior, a Lei nº 12.349/2010 (BRASIL, 2010a) incluiu margens de preferência para produtos manufaturados e para serviços nacionais nas compras públicas de bens e serviços, incluindo nas obras de infraestrutura. A aplicação da margem de preferência tem por objetivo estimular a produção e a competitividade da empresa nacional, mediante a utilização do poder de compra do governo federal, agregando ao perfil da demanda do setor público diretriz para a promoção do desenvolvimento econômico sustentável.

Paulo (2010) faz crítica ao PPA ao afirmar que o mesmo constitui instrumento de trabalho principalmente para os órgãos de controle, mas, para os planejadores e tomadores de decisão, limita-se a peça burocrática. O PPA, as diretrizes e leis orçamentárias de nada valerão se os agentes não utilizarem de forma correta. É fundamental que a sociedade participe da formulação, implantação e monitoramento dos programas e que o governo crie articulação entre os programas para que os mesmos não sejam apenas assistencialistas. Urge a criação de inovação social nas políticas públicas.

5. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa podemos constatar que não existe problema técnico para a formulação de política e programa de governo. O Brasil é rico em leis, normativas, planos de ações e agendas políticas que direcionam as ações para atingir as metas determinadas. Por outro lado, a falta de governança tornam os planos do governo não efetivos. Isto se deve a problemas diversos, como: corrupção, falta de decisão política, distanciamento da sociedade na participação política e a mais desafiadora, a questão da educação. O atual programa de ensino é voltado para uma sociedade de consumo, ao invés de ser para a cidadania. Mudanças de paradigmas e atitudes exigem uma educação problematizadora, contextualizada, que desperte na sociedade a consciência do poder de transformação que cada um tem.

Assim, promover a eficiência da administração pública é um dos maiores desafios enfrentados por gestores. São muitas as habilidades necessárias para este fim, como; visão de negócio, preocupação social, ética, conhecimento multidisciplinar e entendimento sobre diretrizes de políticas públicas. Logo, é relevante uma atualização constante do administrador e, principalmente, vontade política para que os programas de governos saiam do papel e melhorem, de fato, a qualidade de vida dos brasileiros. Neste contexto, as Compras públicas Sustentáveis é uma forma de se trabalhar a educação para o consumo consciente em busca de um mundo sustentável.

Quadro 3. Leis relacionadas com CPS que podem contribuir como PPA vigente.

Diretriz PPA(2016-2019)	LDO(Programa)	Leis relacionadas com Compras Públicas Sustentáveis que podem contribuir com o programa do governo federal vigente
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2080 Educação de qualidade para todos	Lei 9.795/1999 – Política Nacional de Educação Ambiental. É lançada a Agenda Ambiental A3P
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa: 2047; Simplificação da Vida da Empresa e do Cidadão: Bem Mais	Lei 123 /2006– Lei Geral da Micro e Pequena Empresa , com a função de democratizar as licitações públicas e promover o desenvolvimento local com justiça social
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	Decreto N° 5.940, de 2006 , que instituiu a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa: 2047; Simplificação da Vida da Empresa e do Cidadão: Bem Mais	Decreto N° 6.204, de 2007 , que regulamentou o tratamento favorecido , diferenciado e simplificado para as microempresas e empresas de pequeno porte nas contratações públicas de bens, serviços e obras, no âmbito da administração pública federal.
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2050 Mudança do Clima	Lei 12.187/2009 - Política Nacional de Mudança do Clima. Prevê a adoção de critérios de preferência nas licitações e concorrências públicas considerando economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2012 Fortalecimento e Dinamização da Agricultura Familiar	Lei N° 11.947, de 2009 , que dispõe sobre a alimentação escolar e prevê que 30% dos recursos repassados pela União para os Estados e Municípios, devem ser aplicados na compra de produtos provenientes da agricultura familiar .
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	Lei n° 12.349/2010 – Altera a Lei No. 8.666/1983Compatibiliza alterações da legislação para abarcar o conceito de CPS – "A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável " (art. 3º)
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	Lei n° 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos Prioridade para produtos reciclados e recicláveis e padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis (art. 7º)
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	IN SLTI/MPOG n° 01/2010 Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal. Sua observância é obrigatória para obras ("deverão") e indicativa ("poderão") para bens e serviços
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	2011 Lançado o Plano de Ação de Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS) pelo MMA. O PPCS foca as ações voltadas à promoção do consumo consciente , abrangendo ações governamentais, do setor produtivo e da sociedade civil, com seu primeiro ciclo vigente até 2014
Estímulo e a valorização da educação, ciência, tecnologia e inovação e competitividade	Programa:2021 Ciência, Tecnologia e Inovação	Decreto N° 7.601 , de 2011, que estabeleceu a aplicação de marginem de preferência nas licitações realizadas no âmbito da administração pública federal para aquisição de produtos de confecções, calçados e artefatos.
Estímulo e a valorização da educação, ciência, tecnologia e inovação e competitividade	Programa:2021 Ciência, Tecnologia e Inovação	Portaria MDIC N° 279 , de 2011, que instituiu regime de Origem para efeitos de aplicação da marginem de preferência .
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	Decreto n° 7.746/2012 Regulamenta o art. 3º da Lei n° 8.666/1993: estabelece diretrizes para o desenvolvimento sustentável nas contratações federais, cria a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública e define a obrigatoriedade de elaboração dos Planos de Gestão Sustentável .
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	IN SLTI/MPOG n° 10/2012 Dispõe sobre os planos de Gestão de Logística Sustentável
Desenvolvimento sustentável orientado pela inclusão social	Programa:2083 Qualidade Ambiental	IN SLTI/MPOG n° 02/2014 Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, bem como para o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit.

Fonte: Elaboração própria.

REFERÊNCIAS

- ADJEI, A.B. **Sustainable public procurement: a new approach to good governance**. 2010. Disponível em: <www.ippa.org/IPPC4/Proceedings/07GreenProcurement/Paper7-10.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2016.
- ALENCASTRO, M.A.C.; SILVA, E.V.; LOPES, A.M.D. Contratações sustentáveis na administração pública brasileira: a experiência do poder executivo federal. **Revista de Administração Pública**, v. 48, n. 1, p. 207-235, 2014.
- ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. Nova fronteira, 2002.
- BARBOSA, Vanessa. **Os 20 países mais verdes do mundo em 2016 (Brasil em 46º)**. 2016. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/mundo/os-20-paises-mais-verdes-do-mundo-em-2016/>>. Acesso em: 20 mai. 2017.
- BECK, Ceres Grehs; PEREIRA, Rita de Cássia de Faria. ENVIRONMENTAL CONCERNS AND CONSCIOUS CONSUM: MINE, YOURS AND OUR INTERESTS. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.51-78, 1 dez. 2012.
- BEUREN, I. M.; *et al.* **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- BIDERMAN, R.; *et al.* (Org). **Guia de compras públicas sustentáveis. Uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: ICLEI Europe na Secretariat, 2008.
- BOFF, L.. **Sustentabilidade: o que é: o que não é**. Petrópolis: Vozes, 2013.
- BRASIL. **Contratações Públicas Sustentáveis**. 2017. Disponível em:<<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/contratacoes-publicassustentaveis>>. Acesso em: 21 mai. 2017.
- BRASIL. Constituição. 2010. **Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe Sobre os Critérios de Sustentabilidade Ambiental na Aquisição de Bens, Contratação de Serviços ou Obras Pela Administração Pública Federal Direta, Autárquica e Fundacional e dá Outras Providências.
- BRASIL. 2010a. **Lei Nº 12.349, de 15 de Dezembro de 2010**: Altera as Leis nos 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o § 1o do art. 2o da Lei no 11.273, de 6 de fevereiro de 2006.
- BRASIL. **Planejamento, Desenvolvimento e Gestão**. 2015. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/servicos/faq/planejamento-governamental/plano-plurianual-ppa/o-que-eacute-o-ppa>>. Acesso em: 21 mai. 2017.
- CAPELLO, M.; ORO, L.G.G. Gasto público eficiente: Propuestas para um mejor amientoenlos sistemas de compras y contratacion esgubernamentales. **Actualidad Económica**, v. 25, n. 85, p. 5-20, 2015.
- CHOMSKY, In: BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é: o que não é**. Petrópolis: Vozes, p.18, 2013.
- CGU. Controladoria Geral da União. **Olho vivo no dinheiro público**. 2012.
- COUTO, H.L.G.; RIBEIRO, F.L. Objetivos e desafios da política de compras públicas sustentáveis no Brasil: a opinião dos especialistas. **Revista de Administração Pública**, v. 50, n. 2, p. 331-343, 2016.
- DIAMOND, J. **Colapso: Como as sociedades escolhem o fracasso ou o sucesso**. Rio de Janeiro: Record, 2012.
- DOLABELA, Fernando. Pedagogia empreendedora. **Revista de Negócios**, v. 9, n. 2, 2004.
- FERREIRA, J.F.C.; TOSTES, J.A. Elementos para pensar o desenvolvimento sustentável. **PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 8, n. 1, p. 123-141, 2015.
- FERREIRA, L. C. Cidades, sustentabilidade e risco, **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 9, p. 23-31, 2004.

GIL, H. (Org.); *et al.* **Educação para a Sustentabilidade. Guião da Sustentabilidade para a Educação – Carta da Terra**. Lisboa: Ministério da Educação, 2006.

GODOY, A.S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. São Paulo: EAESP/FGV, v. 35, n.2, 1995.

GOLDMANN, L. **Sociologia do Romance**. Rio de Janeiro, Ed. Paz e Terra, 1967.

GUEDES, L.F. **Orçamento público - Instrumentos de Planejamento**. 2016. Disponível em: <<http://contapublicaluizguedes.blogspot.com.br/2016/09/orcamento-publico-instrumentos-de.html/>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

IPEA. **Brasil perde R\$ 8 bilhões anualmente por não reciclar**. 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=1170/>. Acesso em: 21 mai. 2017.

JUND, S.. **AFO-Administração Financeira e Orçamentária**. Elsevier Brasil, 2006.

MATIAS-PEREIRA, José. **Governança no Setor Público**. São Paulo: Atlas, 2010.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

OLIVEIRA, B.C.S.C.M.; SANTOS, L.M.L. Compras públicas como política para o desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 1, p. 189-206, 2015.

ONU. **Consumo e Produção responsáveis**. 2017a. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods12/>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

ONU. **Banco Mundial: serão necessários 3 planetas para manter atual estilo de vida da humanidade**. 2017. Disponível em: <<http://https://nacoesunidas.org/banco-mundial-serao-necessarios-3-planetas-para-manter-estilo-de-vida-da-humanidade/>>. Acesso em: 21 mai. 2017.

PAULO, L. F.A. O PPA como instrumento de planejamento e gestão estratégica. **Revista do Serviço Público**, v. 61, n. 2, p. 171-187, 2010.

PELICIONI, M.C.F.; PHILIPPI JR., A. **Bases políticas, conceituais, filosóficas e ideológicas da educação ambiental**. In: PELICIONI, M.C.F.; PHILIPPI JR., A. (Coord.). Educação ambiental e sustentabilidade. Barueri: Manole, 2005.

REIGOTA, M. **O que é Educação Ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 1994.

ROSSET, A.C.S.; FINGER, A.B. Compras públicas sustentáveis: uma revisão sistemática da pesquisa brasileira. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v. 7, n. 3, 2017.

SILVA, M.E. **A contribuição de práticas empresariais responsáveis para o consumo sustentável no varejo de supermercados: o caso Walmart Brasil**. 2011. 138f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SOUSA, E.S.; CARVALHO, D.B. Educação para gestão ambiental: um estudo dos instrumentos propostos pela administração pública federal voltados ao consumo sustentável. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 10, n. 2, p. 283-300, 2015.

SOUZA, C. Políticas públicas: uma revisão da literatura. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 8, n. 16, p. 20-44, 2006.

TAVOLARO, S.B.F. A Questão Ambiental: sustentabilidade e políticas públicas no Brasil. **Ambiente & sociedade**, n. 5, p. 217-222, 1999.

TRANSPARENCY INTERNATIONAL. **Corruption perceptions index 2016**. 2016. Disponível em: <http://https://www.transparency.org/news/feature/corruption_perceptions_index_2016/>. Acesso em: 12 mai. 2017.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

1.4 AVALIAÇÃO ATRAVÉS DO USO DE INDICADORES AMBIENTAIS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE CENTROS DE COMPRAS EM SÃO LUIZ - MA

GUTERRES, Camila Everton

Universidade Ceuma (São Luís/MA)

camilaevertton33@gmail.com

CASTRO, Érima Jôysiely Mendonça

Universidade Ceuma (São Luís/MA)

erima.castro@hotmail.com

AMARAL, Sielys dos Santos

Universidade Ceuma (São Luís/MA)

sielys_22@hotmail.com

FARIAS, Marylin Fonseca Leal

Universidade Ceuma (São Luís/MA)

marylin.farias@gmail.com

RESUMO

Este artigo avaliou as ações relacionadas à gestão ambiental dos Centros de Compras com a utilização da ferramenta de indicadores ambientais como estratégias de avaliação e diagnóstico. A pesquisa teve caráter qualitativo e quantitativo, objetivando fazer um comparativo referente à influência da terceirização da gestão, a adequação às normas ambientais e averiguação da aplicabilidade dos indicadores. Por meio de entrevistas e pesquisas documentais, os dados foram coletados abrangendo o universo de dois Centros de Compras de São Luís do Maranhão. Os resultados mostraram a ineficácia na prática de coleta seletiva e de segregação dos resíduos nos empreendimentos do município. Ratifica-se que a prática de uma gestão dos resíduos nos centros de compras é indispensável para assegurar a preservação da qualidade ambiental frente aos interesses econômicos.

PALAVRAS-CHAVE: Administração, Consumo, Estratégia.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos são advindos de diversas atividades antrópicas, sejam elas domésticas, comerciais ou de intensivas produções industriais. Neste universo de atividades humanas, grandes Centros de Compras (CC) são um dos principais responsáveis pela geração acumulada de resíduos, e, como define Mendes 2010, são marca registrada do consumismo nos dias atuais. A mudança comportamental frente ao modo de consumo dos recursos naturais, aliada ao avanço tecnológico das linhas de produção - o qual tornam cada vez mais complexos os rejeitos gerados - tem acarretado um aumento significativo da demanda por elementos naturais e energéticos para satisfazer o modo de operação e dinâmica do sistema produtivo moderno. Cabe, assim, aos sistemas naturais as funções de fornecer insumos, servir de base para as fases de transformação dos processos industriais/comerciais e servir de contenedor para receber os resíduos e desperdícios gerados pelos desajustes no sistema produtivo. Esse desequilíbrio faz com que os restos produzidos sejam gradativamente maiores em quantidade e mais estáveis ante a degradação (BERRÍOS, 2006). Consequentemente, se estabelece um desequilíbrio ambiental, gerando poluição do ar, das águas e do solo.

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (BRASIL, 2010a), apenas 27,7% dos municípios brasileiros dispõem seus resíduos em aterro sanitário e 7% dos municípios tem programas de coleta seletiva. Tal apuração explicita que as consequências e os impactos decorrentes do manejo inadequado de resíduos englobam consequências prejudiciais tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública. Os Órgãos Municipais e Estaduais são responsáveis primordialmente por desenvolverem campanhas referentes às boas práticas em relação à produção de dejetos e a forma adequada de serem descartados. Porém, grande parte desses Órgãos carecem ainda de um cumprimento mais efetivo das exigências descritas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) sobre coleta, transporte, armazenamento e disposição final dos resíduos. Segundo dados do Diagnóstico de Resíduos Sólidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2015, houve uma participação de 67,6% dos municípios brasileiros no levantamento realizado de serviços de água, esgoto e manejo de resíduos sólidos. Ainda segundo os dados, 47% habitantes do Nordeste e mais de 45% da população rural do país ainda não recebe coleta domiciliar. No que se trata de coleta seletiva, pouco mais de 3% dos municípios apresentam a atividade, no Nordeste 10,1% dos municípios possuem coleta seletiva.

O SNIS ressalta que há uma relação intrínseca entre o aumento populacional e a geração de kg/hab nos municípios principalmente entre os anos de 2012 a 2014, caracterizando que, mediante o desenvolvimento e crescimento das cidades, aumenta-se proporcionalmente os hábitos de consumo. A partir do crescimento da necessidade e acessibilidade de compras rápidas e praticidade surgem os centros de compras, definidos como sendo grandes centros de consumo e lazer, tornam-se grandes geradores de resíduos sólidos (MENDES, 2010).

A instituição de ferramentas como a redução, reutilização, reciclagem, tratamento, bem como a destinação final adequada dos resíduos sólidos é prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Porém, a aplicação na realidade das empresas costuma resultar em processos longos e burocráticos, e, por vezes, ainda vista como “gasto” desnecessário por parte dos empreendedores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10.004/2004):

Resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 1).

Segundo Carra, Conceição e Teixeira (2013), o gerenciamento de resíduos sólidos possui uma grande complexidade. Quando mal geridos, tornam-se capazes de gerar impactos negativos como contaminação de água, solo e veiculação de doenças, além de um alto custo para reversão dos problemas. A legislação brasileira atua com a ordenação de um conjunto de normas e resoluções referentes a essa temática, destacando-se a Resolução Nacional de Meio Ambiente (Conama 05/1993). Contudo, a legislação ainda é bastante genérica e restrita, por vezes impraticável, pela falta de recursos e instrumentos que viabilizem sua efetivação.

Embora a geração de resíduos acompanhe a humanidade desde seus primórdios, apenas há alguns anos tornou-se evidente a preocupação com os problemas decorrentes da sua geração, conforme ressalta Jesus et al. (2014). Com ela, a fragilidade ambiental também vem se tornando cada vez mais evidente junto a uma série de problemas causados pela ausência de planejamento ambiental e conservação adequada, comprometendo a integridade dos ecossistemas (LIMA, 2016).

Como solução, aponta-se para o tratamento desses resíduos embasado na implantação de um sistema de gerenciamento integrado, combinado à diferentes métodos de coleta e descarte dos mesmos, de forma ambientalmente efetiva, economicamente pagável e socialmente aceitável (JESUS, 2014). Desta forma, um sistema de manejo adequado dos resíduos torna-se indispensável, aliado à definição de uma política para gestão e gerenciamento que assegure a melhoria na qualidade de vida e promoção das práticas relacionadas à saúde pública e proteção ao meio ambiente.

Dentre as obrigações impostas a um empreendimento, está a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS), que objetiva indicar e descrever ações relacionadas ao manejo de resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final, considerando os aspectos relativos as etapas de gestão dos resíduos. Para tanto, fazer uso de indicadores torna-se uma estratégia para auxiliar o corpo administrativo do empreendimento a identificar aspectos ambientais relevantes e oportunidades visando melhorar a gestão de resíduos (CARRA, CONCEIÇÃO E TEIXEIRA, 2013).

Sabe-se que os resíduos comerciais são aqueles produzidos pelo comércio em geral, estando entre estes os resíduos gerados em centros de compras. Em sua maior parte, são constituídos por materiais reaproveitáveis e recicláveis como papel e papelão, principalmente de embalagens, e plásticos, mas também podem conter restos sanitários e orgânicos (JUNIOR, 2012). Conforme afirma Verissimo (2012), a gestão de resíduos sólidos compreende atividades vinculadas à tomada de decisões estratégicas referentes aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais, envolvendo políticas, instrumentos e meios.

Deve ainda, abranger questões relacionadas ao ciclo de vida do produto, uso equacionado dos recursos naturais e a não geração de resíduos, afirma Santiago e Dias (2012). Para análise e avaliação dessa gestão, indicadores ambientais são importantes ferramentas para o monitoramento da sustentabilidade e planejamentos estratégicos, visando melhorar a qualidade de vida da população.

De acordo com Juffo (2013), considerando a possibilidade de amenizar os impactos ambientais provocados por empreendimentos a partir de uma gestão ambiental eficiente e efetiva, as ações corretivas e ambientalmente corretas em centros de compras são muito mais que apenas estratégias plausíveis para seu destaque socioambiental e econômico. Na verdade, isso lhe confere caráter diretamente relacionado à adequação as normas ambientais.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização do Local de Estudo

A capital São Luís possui um total de 1.082.935 habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e gera em média 1.400 toneladas de resíduos domésticos por dia, sendo a destinação final de todos os resíduos encaminhados atualmente à Central de Gerenciamento Ambiental - CGA, localizado a 60 km da capital, na localidade de Buenos Aires, no município de Rosário. A CGA recebe também os resíduos gerados pelos centros de compras situados na capital, objetivo da presente pesquisa.

A CGA recebe todo e qualquer resíduo oriundo de atividades domésticas, industriais, hospitalares, dentre outros, utilizando para tais tecnologias específicas voltadas às especificidades dos resíduos. As tecnologias utilizadas são: Aterro Sanitário e Industrial para os resíduos sólidos de classe II e Aterro Industrial para os resíduos sólidos de classe I, Solidificação, Incineração, Blendagem para Coprocessamento e Estação de Efluentes Industriais, os quais estão ainda em fase de implantação. Dispõe de uma área de mais de 1.780.000 m² tendo em média 32 anos de vida útil para as operações.

São Luís também possui sistema de coleta municipal de seus resíduos, porém estas não atendem ao sistema de segregação, coleta seletiva ou reciclagem dos resíduos gerados pela população. Em agosto de 2012 as condições dadas para o Plano de Resíduos Sólidos, instituído pela lei 12.305/10, foram concluídas, estabelecidas entre as diretrizes, estratégias e metas para redução, reutilização e reciclagem de resíduos, eliminação de lixões aliada à recuperação de áreas por eles degradadas e aproveitamento energético.

3.2 Processos Metodológicos

Os processos metodológicos do estudo basearam-se primeiramente em um levantamento bibliográfico (dados secundários) de trabalhos que desenvolveram indicadores ambientais no quesito da sustentabilidade e de gerenciamento de resíduos. Tal procedimento teve o objetivo de examinar os indicadores como ferramentas de gestão e controle ambiental, sendo estes, auxiliares no entendimento do contexto que permeia as ações ambientais das organizações (ALPERSTEDT et al., 2009). Desta forma, pôde-se caracterizar os centros de compras (CC), como possuidores de gestões consideradas estratégicas no quesito do manejo dos resíduos gerados em seus estabelecimentos, dentro do contexto da gestão dos resíduos na cidade de São Luís. Assim, foram escolhidos dois CC, os quais

foram denominados aleatoriamente de CC-A e CC-B. Estes localizam-se nas latitudes: 2°30'5.04" S, 2°30'38.92" S e longitudes 44°17'16.11" O, 44°17'8.15", respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Localização dos Centros de Compras.

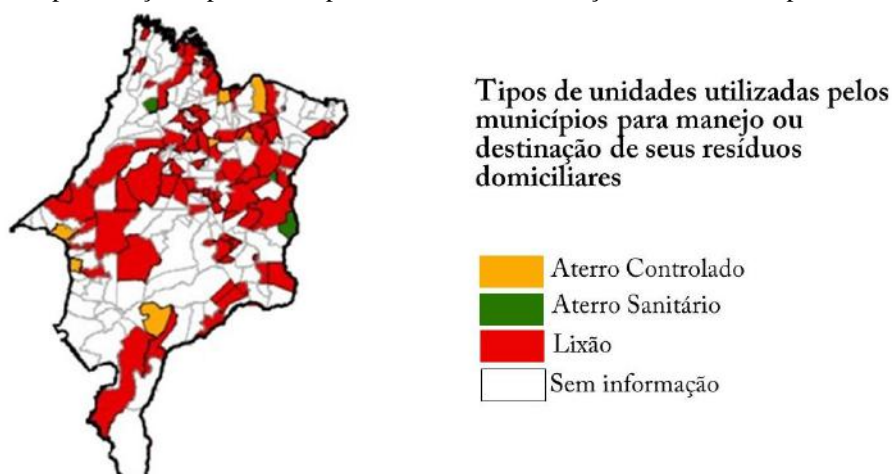


Fonte: Google Earth (2017)

Os estabelecimentos possuem o mesmo fornecedor dos serviços de coleta e transporte dos resíduos, que os descarta no Aterro Sanitário de Rosário, único que atende a Ilha. Sendo que a maior parte do Estado, ainda não possui destinação final dos seus resíduos em aterros, como demonstra a figura 2, os resíduos gerados nos municípios são descartados em sua maioria nos lixões a céu aberto.

Como Felisaki e Stoffel 2014 apontam, a terceirização influencia como vantagem ou desvantagem para o estabelecimento no quesito econômico e de gestão. Portanto, o método teve desígnio comparativo entre os dois estabelecimentos, para assim averiguar também a relação que a mesma prestação de serviço exerce para o resultado do índice ambiental.

Figura 2. Representação espacial do tipo de unidade de destinação final utilizada pelos municípios

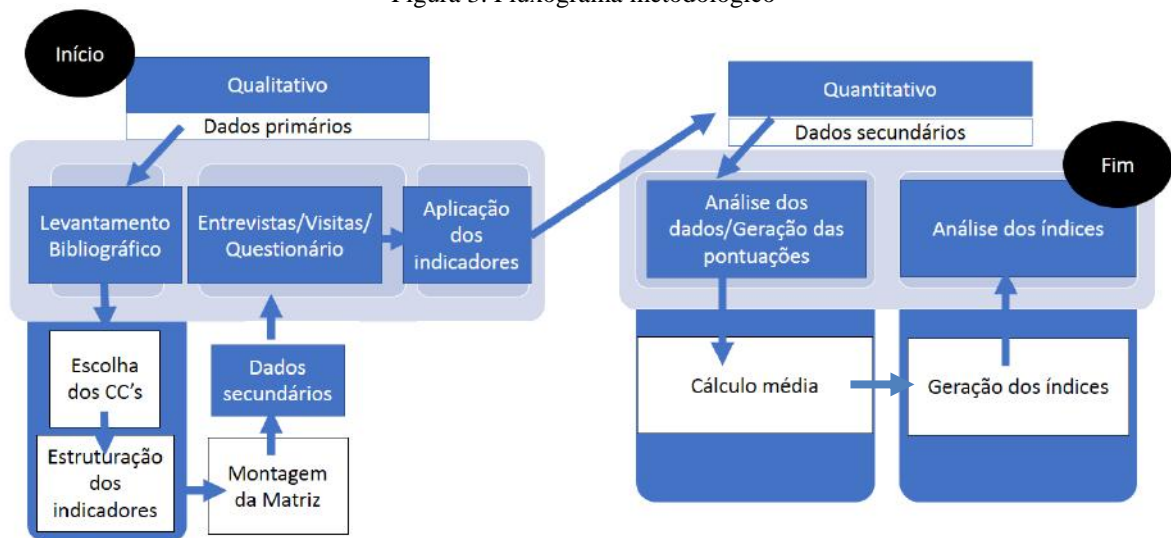


Fonte: SNIS 2014

Para a definição dos indicadores ambientais foi realizado um estudo na literatura e levantado uma matriz de indicadores. Estes se basearam no uso estruturado das informações obtidas de um painel de especialistas, com a pressuposição de montar uma avaliação coletiva sobre a questão abordada (SANTIAGO; DIAS, 2012; CARRA et al., 2013). Assim, os indicadores foram aplicados nos CC escolhidos através dos métodos evidenciados nos artigos da literatura, juntamente com as normas estabelecidas sobre a gestão de resíduos sólidos.

Os dados para a geração dos índices de cada CC (dados primários) partiram da aplicação do questionário de observação, visitas de campo e entrevistas com os respectivos responsáveis pela gestão dos resíduos no estabelecimento, juntamente com o fornecedor direto do serviço de terceirização. Assim, pôde-se averiguar a aplicabilidade dos indicadores. A pesquisa qualitativa, segundo Richardson e Peres (1999, apud ALPESDET et al., 2009), possibilita a compreensão das características das atitudes relacionadas a gestão ambiental da organização. Logo, a forma qualitativa subsidiou a coleta dos dados, os quais posteriormente suscitaram a perspectiva quantitativa, através da geração dos índices. Para esta formação foi calculada uma média entre as pontuações obtidas por cada um dos indicadores ambientais propostos para por fim gerar o índice da estratégia adotada pelo CC no gerenciamento dos resíduos. Sendo estas pontuações: “1”, ruim; crítico, “2”; regular, “3”; satisfatório, “4”; e bom, “5”, conforme propôs Carra et al, 2013. Os indicadores consideram os desempenhos gerencial e operacional do estabelecimento, bem como a sua condição ambiental. O fluxograma da metodologia encontra-se exemplificado na figura 3.

Figura 3. Fluxograma metodológico

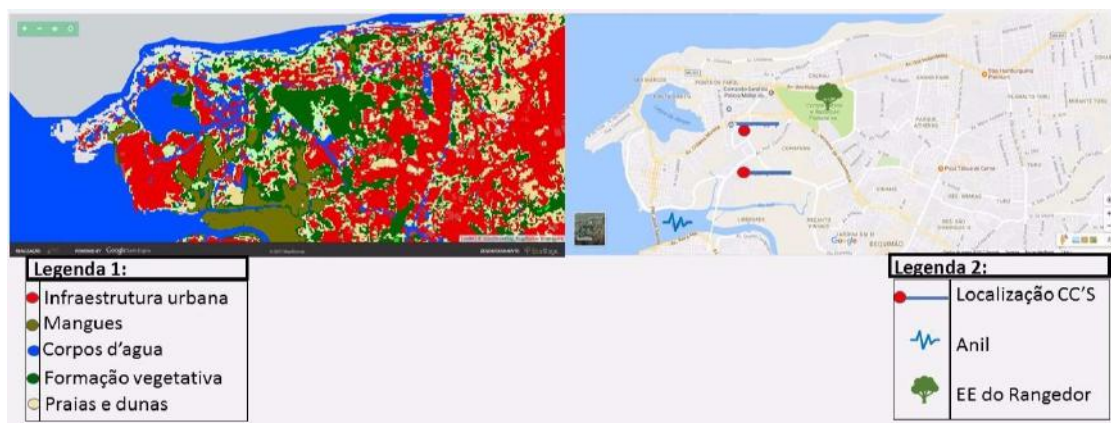


Fonte: Elaborado pelos autores. (2017)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os CC são dispostos em áreas antrópicas na região de São Luís, sendo aglomerada por núcleos urbanos e por serviços de saúde, escolares e de comércio. A região onde estão centrados os CC tem proximidade à importantes ecossistemas maranhenses, como: áreas de mangue, Estação Ecológica do Rangedor, e das bacias hidrográficas da Ilha, Anil (figura 4).

Figura 4. Mapa ecossistemas maranhenses e localização dos CC



Fonte: MapBiomias e Google Maps 2017

Os indicadores propostos por Carra et al. (2013) tratam do contexto do gerenciamento de resíduos em aeroportos, portanto, diferentes tipos de resíduos foram considerados no trabalho feito pelo autor, sendo necessário realizar algumas adaptações para aplicá-los ao contexto da geração de resíduos em um centro de compra. Com o intuito de realizar esta adaptação, normas reguladoras foram utilizadas como auxílio, como as NBR 7.500/94 e 7.501/89 para transporte e armazenamento de materiais, a NBR 10.004/87 para classificação, a NBR 10.007 para amostragem, as NBR 11.174/90 e 12.245/92 para armazenamento e a NBR 13.463 para coleta dos resíduos. A junção entre os indicadores reunidos na literatura (SANTIAGO; DIAS, 2012) e as normas permitiu a geração da matriz (Tabela 1 e 2) de indicadores para aplicar nos centros de compras escolhidos.

Por exemplo, um dos indicadores propostos por Carra et al. (2013) foi o tipo de tratamento dos resíduos de bordo, os quais são fiscalizados pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e Mapa (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), como o local de aplicação dos indicadores no presente trabalho se trata de um centro de compra, tal indicador não se aplicou à realidade dos resíduos gerados por este estabelecimento. Assim, não foi utilizado na pesquisa. Os resíduos comuns e comerciais foram os mais encontrados na geração dos centros de compras, conforme afirmações em entrevistas realizadas com os fornecedores do serviço de coleta e visitas em campo. A quantidade coletada desses resíduos varia principalmente em relação ao tamanho dos centros de compras. Isso se mostra evidente na média de tonelada de resíduos gerados por dia pelo estabelecimento, sendo de 1,5 t para o CCA e 4 t para o CCB.

O CCA foi inaugurado em 1985, sendo o primeiro centro de compra de São Luís. Possui uma área de aproximadamente 38 mil m² e é considerado pela Associação Brasileira de Centros de Compras (ABSC) como um centro de compra regional. Além da diferença da quantidade de resíduos gerados pelos dois CC, os resultados dos indicadores do CCA podem ser influenciados pela infraestrutura do estabelecimento, devido à fiscalização ser mais atenuada, o que se dá de forma proporcional a influência que o estabelecimento tem no seu entorno como fonte de resíduos mais variados e em maiores quantidades. O CCB é considerado de grande porte, com aproximadamente 160 mil m² de área (MAREGA, 2011), sendo sua inauguração em 1999.

A terceirizada contratada utiliza caminhões de compressão, que transportam os resíduos após triagem destes. Porém, os cenários diferem entre os dois estabelecimentos. No CCA a separação dos resíduos só é realizada com o isolamento do papelão, que é destinado a uma empresa de celulose para

reciclagem. Os demais resíduos, inclusive os orgânicos e os perigosos, são armazenados sem coleta seletiva nas lixeiras espalhadas pelo estabelecimento e acondicionados em uma lixeira única para aguardar a compressão e transporte pelo fornecedor até o aterro sanitário de Rosário, que dista aproximadamente 65 km. Esta coleta é realizada a cada dois dias na semana para todos os resíduos.

No CCB apesar da existência de um programa de coleta seletiva, as lixeiras espalhadas pelo centro de compras não comportam a separação seletiva por cores, a qual ocorre na etapa de armazenamento. O lixo orgânico é enviado até as lixeiras orgânicas, separada da principal e da lixeira de resíduos perigosos. Quanto ao tratamento dos resíduos, são tratados de maneira semelhante ao CCA, sendo armazenado em lixeiras, as quais são coletadas pelo caminhão do fornecedor e conduzidos ao aterro uma vez por semana, para os resíduos comuns, e todos os dias, para orgânicos e perigosos. O papelão é enviado para a mesma empresa de celulose, que atua no CCA e CCB.

Para o CCA os dados foram dispostos na matriz dos indicadores (tabela 1), os níveis (N) de pontuação foram propostos conforme análise dos resultados da entrevista. Posteriormente a média foi calculada, resultando em 2.3, considerado crítico.

Tabela 1. Matriz de indicadores (CCA)

Indicador	N	Índices				
		1	2	3	4	5
Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)	1	O centro de compra não dispõe de um PGRS.	O centro de compra dispõe de um PGRS sem atualização há mais de 5 anos.	O centro de compra dispõe de um PGRS atualizado a menos de 5 anos. No entanto, menos da metade das ações não são executadas	O centro de compra dispõe de um PGRS atualizado a menos de 5 anos; e mais da metade das ações propostas são executadas	O centro de compra dispõe de um PGRS atualizado por menos de 5 anos; e todas as ações propostas são executadas
Programa de Redução de Resíduos	1	Redução maior ou igual a média gerada por dia	Redução no intervalo de: menos do total gerado no dia até 30%	Redução de aproximadamente 30% do total gerado no dia	Redução entre 30% a 65% aproximadamente do total gerado no dia	Redução de 65% ou mais.
Armazenamento de resíduos	5	O centro de compra não dispõe de local adequado para armazenamento de resíduos, que ficam diretamente sobre o solo.	Os resíduos são armazenados em lixeiras, mas a disposição é direta no solo, em local descoberto ou sem impermeabilização.	Os resíduos são armazenados em lixeiras, mas a disposição não é direta no solo, mas em local descoberto ou sem impermeabilização.	Os resíduos são armazenados em contêineres/ lixeiras, o local é coberto e possui impermeabilização	Os resíduos são armazenados em contêineres/ lixeiras, o local é coberto, possui impermeabilização e sistema de higienização

Resíduos Perigosos	1	Os resíduos perigosos não são segregados dos demais	Os resíduos perigosos são segregados dos demais, mas são contaminados no acondicionamento	Os resíduos perigosos são segregados dos demais, mas há risco de contaminação	Os resíduos perigosos são segregados dos demais e não há risco de contaminação.	Os resíduos perigosos são segregados dos demais em locais separados e não há risco de contaminação.
Higienização	3	Os locais de armazenamento dos resíduos não possuem higienização	Os locais de armazenamento são higienizados a cada 4 dias	Os locais de armazenamento são higienizados a cada 3 dias na semana.	Os locais de armazenamento são higienizados uma vez ao dia.	Os locais de armazenamento são higienizados uma vez ao dia em locais estratégicos.
Frequência da coleta	4	A coleta dos resíduos é realizada em período superior a quatro dias.	A coleta dos resíduos é realizada a cada quatro dias.	A coleta dos resíduos é realizada a cada 3 dias.	A coleta dos resíduos é realizada a cada dois dias.	A coleta dos resíduos é realizada uma vez ao dia.
Resíduos comuns	3	Não há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos são enviados a lixões dispostos ilegalmente	Não há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos comuns são enviados a aterro em vala.	Não há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos comuns são enviados a aterro sanitário.	Há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos comuns são enviados a aterro sanitário.	Há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos são enviados ao sistema de reaproveitamento.
Coleta seletiva	1	O centro de compra não dispõe de sistema/programa de coleta seletiva.	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva, mas menos da metade dos resíduos são dispostos corretamente.	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva e metade dos resíduos são dispostos corretamente.	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva e mais da metade dos resíduos são dispostos corretamente	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva e mais da metade dos resíduos são dispostos corretamente e enviados a sistema de reaproveitamento.
Média	2. 3					
N * = Nível	—					

Fonte: Dados de pesquisa.

Os dados provenientes do CCB foram dispostos em outra matriz (tabela 2) seguindo a mesma metodologia feita para o CCA. A média resultante das pontuações foi considerada regular.

Tabela 2. Matriz de indicadores (CCB)

Indicador	N	Índices				
		1	2	3	4	5
Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)	3	O centro de compra não dispõe de um PGRS.	O centro de compra dispõe de um PGRS sem atualização há mais de 5 anos.	O centro de compra dispõe de um PGRS atualizado por menos de 5 anos; no entanto menos da metade das ações propostas são executadas	O centro de compra dispõe de um PGRS atualizado por menos de 5 anos; e mais da metade das ações propostas são executadas	O centro de compra dispõe de um PGRS atualizado por menos de 5 anos; e todas as ações propostas são executadas
Programa de Redução de Resíduos	2	Redução maior ou igual a média gerada por dia	Redução no intervalo de: menos do total gerado no dia até 30%	Redução de aproximadamente 30% do total gerado no dia	Redução entre 30% a 65% aproximadamente do total gerado no dia	Redução de 65% ou mais.
Armazenamento de resíduos	5	O centro de compra não dispõe de local adequado para armazenamento de resíduos, que ficam diretamente sobre o solo.	Os resíduos são armazenados em contêineres/lixeiras, mas a disposição é direta no solo, em local descoberto ou sem impermeabilização.	Os resíduos são armazenados em contêineres/lixeiras, a disposição não é direta no solo, mas em local descoberto ou sem impermeabilização.	Os resíduos são armazenados em contêineres/lixeiras, o local é coberto e possui impermeabilização	Os resíduos são armazenados em contêineres/lixeiras, o local é coberto, possui impermeabilização e sistema de higienização
Resíduos Perigosos	5	Os resíduos perigosos não são segregados dos demais	Os resíduos perigosos são segregados dos demais, mas são contaminados no acondicionamento	Os resíduos perigosos são segregados dos demais, mas há risco de contaminação	Os resíduos perigosos são segregados dos demais e não há risco de contaminação.	Os resíduos perigosos são segregados dos demais em locais separados e não há risco de contaminação.

Higienização	4	Os locais de armazenamento dos resíduos não possuem higienização	Os locais de armazenamento são higienizados a cada 4 dias	Os locais de armazenamento são higienizados a cada 3 dias na semana.	Os locais de armazenamento são higienizados uma vez ao dia.	Os locais de armazenamento são higienizados uma vez ao dia em locais estratégicos.
Frequência da coleta	4	A coleta dos resíduos é realizada em período superior a quatro dias.	A coleta dos resíduos é realizada a cada quatro dias.	A coleta dos resíduos é realizada a cada 3 dias.	A coleta dos resíduos é realizada a cada dois dias.	A coleta dos resíduos é realizada uma vez ao dia.
Resíduos comuns	4	Não há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos são enviados a lixões dispostos ilegalmente	Não há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos comuns são enviados a aterro em vala.	Não há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos comuns são enviados a aterro sanitário.	Há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos comuns são enviados a aterro sanitário.	Há segregação dos materiais recicláveis e os resíduos são enviados ao sistema de reaproveitamento.
Coleta seletiva	2	O centro de compra não dispõe de sistema/programa de coleta seletiva.	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva, mas menos da metade dos resíduos são dispostos corretamente.	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva e metade dos resíduos são dispostos corretamente.	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva e mais da metade dos resíduos são dispostos corretamente	O centro de compra dispõe de programa de coleta seletiva e mais da metade dos resíduos são dispostos corretamente e enviados a sistema de reaproveitamento.
Média	3.6					
N * = Nível						

Fonte: Dados de pesquisa.

As duas médias revelaram a diferença existente entre os dois shoppings, o CCA apesar de ser o mais antigo do município mostrou baixa eficácia no gerenciamento sustentável dos resíduos de acordo com o índice gerado. A falta do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) mostrou-se como a maior necessidade de melhoria do estabelecimento, juntamente com a coleta seletiva e a devida segregação.

No CCB, apesar de existir o PGRS, ainda há necessidade de uma aplicação mais efetiva nas atividades do estabelecimento, principalmente no que se diz respeito à classificação correta dos resíduos para o bom emprego da coleta seletiva. Sendo que o PGRS contempla o estabelecimento por este ser um centro de compra de grande porte, o que torna inviável sua administração sem a existência do referido Plano.

No que se refere ao fato de a mesma empresa de serviços de coleta fornecer aos centros de compras poder influenciar as ações internas de tratamento dos resíduos, foi mínima, considerando que os resultados divergiram de forma considerável.

Segundo Milanez (2002, apud Santiago, L.S. e Dias, S.M.F., 2012, p. 2) os indicadores ambientais expõem a relação das atividades da sociedade com o objeto de estudo, o que pode revelar a relação da deficiência do gerenciamento dos resíduos nos estabelecimentos com a realidade do município em ter dificuldade no manejo e disposição final dos próprios dejetos. Logo, a utilização dos indicadores tentam integrar as diferentes dimensões da sustentabilidade para tornar possível, por meio da interpretação dos indicadores, a análise da real situação e perspectivas do local aplicado. Porém, como ressalta Motta 1996, bons indicadores ambientais devem retratar não somente os aspectos ambientais de degradação/exaustão do uso dos recursos naturais, mas também revelar a dimensão econômica, ou seja a eficiência alocativa do uso desses recursos, fazendo com que essa utilização ocorra de forma equitativa na sua distribuição de custos e do recebimento dos benefícios advindos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos após a aplicação dos indicadores demonstraram a necessidade de melhorias nos estabelecimentos. A maior precaridade se revelou nos indicadores de coleta seletiva e programas de reutilização e reciclagem, o que de certa forma, está contextualizada no manejo de resíduos do Estado que ainda é precária.

Também se destaca a necessidade de maiores investimentos na área da Educação Ambiental, para que haja um convencimento por parte das estruturas sociais no valor intrínseco dos resíduos. Esse fator também é relevante com relação ao fluxo alto de pessoas que circulam nos dois estabelecimentos, as quais podem ser atingidas com a divulgação de boas práticas ambientais.

O fato de ser a mesma fornecedora de serviços de coleta nos dois shoppings influenciou minimamente na gestão interna dos estabelecimentos, considerando que os resultados divergiram. Isso contribuiu também para formentar a discussão a respeito da necessidade dos estabelecimentos comerciais, sejam estes de pequeno a grande porte, implantarem em suas atividades um plano de gerenciamento desses resíduos, para que, assim, haja um aproveitamento de aparentes rejeitos na economia.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004/2004: resíduos sólidos: classificação. São Paulo, 2003.

ALPERSTEDT, Graziela; SOUZA, Luiz; RAQUEL, Isabela. Estratégia e gestão ambiental: Um estudo na indústria de Centros de Compras da grande Florianópolis., 2009.

BERRÍOS, Manuel Rolando. Consumismo e geração de resíduos sólidos. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, n. 6, p. 17-28, aug. 2006. ISSN 2179-0892. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123360>>. Acesso em: 04 jun 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.1999.123360>.

BRASIL. (2010a) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoiveda/pnsb/lixo>>. Acesso em: 31 maio. 2017.

CARRA, Thales Andrés; CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini Da; TEXEIRA, Bruno Bernardes. Indicadores para a gestão de resíduos sólidos em aeroportos e sua aplicação no Aeroporto Internacional de Viracopos, Campinas, São Paulo. **Engenharia Sanitária Ambiental**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 131-138, jun. 2013

Comitê de Ética-CGA TITARA. Disponível em: <<http://www.cgatitara.com.br/comite-de-etica/>>. Acesso em: 31 maio. 2017

FELISAKI, Fernanda; STOFFEL, Jaime Antonio. A terceirização da coleta do lixo urbano: O caso de Nova Esperança do sudoeste do Paraná, 2014.

JESUS, Á. F. S. de et al. Gerenciamento de resíduos sólidos dos Centros de Compras de Aracajú. **Cadernos de graduação**, Aracajú, v. 2, n. 1, p. 33-44, jan. 2012.

JUFFO, Everton. Resíduos sólidos orgânicos: da geração em estabelecimento de produção de alimentos em um Centro de Compra a destinação final na alimentação de suínos, 2013.

LIMA, Leticia. Análise do gerenciamento de resíduos sólidos públicos em vias comerciais da cidade de Caruaru - PE. 2016.

MAREGA, Cecilia. Diagnóstico da geração de resíduos sólidos em Centro de Compra de médio porte, 2011.

MENDES, Bruna de Souza. Centro de Compra center: a catedral das mercadorias. **Rev. adm. contemp.**, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 191-192, Feb. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552010000100012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 jun. 2017.

MOTTA, Ronaldo Seroa Da. Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos. **Instituto de pesquisa economica aplicada**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1996. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1754/1/td_0403.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2017.

Reciclagem de resíduos sólidos de São Luís, MA- Indicadores. Programa Cidades Sustentáveis. Disponível em: <<http://indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/MA/sao-luis/reciclagem-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 31 maio. 2017

SANTIAGO, Leila Santos; DIAS, Sandra Maria Furiam. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 203-212, jun./jun. 2012.

VERISSIMO, J.L.B. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Wenceslau Braz - PR.

1.5 APLICAÇÃO DA MATRIZ GUT NA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CIDADE DE CAMAÇARI – BA

CAMPOS, Ana Verena Luciano Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
verena.campos@gmail.com

SILVA, Neura Memdes

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Neuramendes@gmail.com

VIEIRA, Igor Felipe Batista

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
igorbvieira@outlook.com

MENDOÇA, Zabele Laís Lyra

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
zabele.lyra@gmail.com

RESUMO

O crescimento gradativo da população, aliado ao rápido processo de urbanização, tem aumentado a quantidade de resíduos sólidos urbanos que são produzidos diariamente. Propõe-se, neste estudo, a elaboração de uma matriz GUT particularizada para o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município de Camaçari-BA. A partir de uma análise detalhada do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, pode-se identificar alguns problemas e riscos associados à gestão dos resíduos sólidos urbanos no município. Para elaboração da matriz GUT, foram adotadas as recomendações de Periard (2011). A ferramenta utilizada demonstrou ser eficaz no auxílio de tomada de decisão, visto que a mesma ordenou as prioridades, baseadas em critérios quantitativos, porém seus critérios são bastantes subjetivos, sendo necessário aliar a aplicação à outras ferramentas de gestão para obter resultados mais precisos e confiáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Ferramentas de qualidades, Priorizações de ações,

1. INTRODUÇÃO

A questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é motivo de preocupação, em função dos problemas que tem acarretado para a sociedade. O crescimento gradativo da população, aliado ao rápido processo de urbanização, tem aumentado a quantidade de RSU que são produzidos diariamente (SOUZA, 2016). Dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2015) estimam que em 2015 foram gerados aproximadamente 80 milhões de toneladas de RSU no Brasil. Destes, 7,3 milhões de toneladas não foram coletados e receberam destinação inadequada. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), definida pela Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), surge como um dos mais importantes instrumentos para normatizar diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. O Art. 4º da PNRS determina que deve haver cooperação entre os Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, visando a gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos.

Desta forma, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) visa acatar as premissas da PNRS e propor planos de ação que estabeleçam um controle efetivo da gestão dos resíduos sólidos, garantindo preservação ambiental e proteção à saúde pública (CASTRO; HENRIQUE; BEZERRA, 2016). O principal objetivo do PMGIRS é subsidiar na tomada de decisão da administração pública e na elaboração de estratégias gerenciais para os resíduos sólidos, por meio de ações normativas, operacionais e financeiras, que irão proporcionar maior segurança e eficácia.

A administração moderna dispõe de inúmeras ferramentas para auxiliar no processo de tomada de decisão, dentre estas destaca-se o Método GUT. O Método GUT foi desenvolvido por Kepner e Tregoe na década de 1980, a partir da necessidade de resolução de problemas complexos nas indústrias americanas e japonesas. Várias contrariedades podem surgir em uma organização e, nem sempre, é possível resolver todas ao mesmo tempo (KEPNER e TREGOE, 1981). Esta ferramenta gerencial é utilizada para priorizar a tomada de decisão, levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência do evento relacionado. A partir dessas variáveis, o gestor pode agir com base em um escalonamento, identificando quais complicações devem ser resolvidas primeiro. O grande diferencial do Método GUT, em relação aos outros do gênero, é a simplicidade de utilização e a possibilidade de atribuir valores para cada caso concreto de maneira objetiva (FÁVERI, 2016).

Propõe-se, neste estudo, a elaboração de uma matriz GUT particularizada para o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município de Camaçari-BA. A aplicação desta ferramenta irá possibilitar identificar e classificar os principais problemas gerenciais dos resíduos sólidos urbanos no município, de acordo com a sua gravidade, urgência e tendência de agravamento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos Gerais dos Resíduos Sólidos no Brasil e no Mundo

A produção de RSU já foi algumas dezenas de quilos por habitante por ano, atualmente a maioria dos países mais industrializados gera mais de 600 quilos anuais *per capita* de lixo. Nos últimos 30 anos, o aumento do volume de lixo produzido no mundo foi três vezes maior que o populacional. Sete bilhões de seres humanos produzem anualmente 1,4 bilhão de toneladas de RSU - uma média de 1,2 kg/hab.dia. Estima-se que cerca da metade desse total seja produzida por menos de 30 países, os enquadrados como os mais desenvolvidos do mundo. O cenário traçado por estudos da

Organização das Nações Unidas (ONU) e pelo Banco Mundial é que daqui a dez anos, serão produzidos 2,2 bilhões de toneladas anuais. Até a metade deste século, se o ritmo atual for mantido, teremos 9 bilhões de habitantes e 4 bilhões de toneladas de lixo urbano por ano (ARRECHEA,2016).

No Brasil a quantidade de RSU gerada em 2015 totalizou 79,9 milhões de toneladas dia, 1,7% a mais do que no ano anterior. No período, foi registrado também aumento de 0,8% na produção *per capita* de resíduos sólidos: de 1,06 kg/hab.dia em 2014 para 1,07 kg/hab.dia em 2015. Este resultado coloca o Brasil como o quarto maior gerador de resíduos sólidos no mundo (ABRELPE, 2015). De acordo com o levantamento, houve uma leve melhora nos números sobre a destinação final dos resíduos sólidos. Em 2015, 58,7% do lixo produzido foi destinado para os aterros sanitários. Em 2014, esse índice foi de 58,4%. No entanto, os dados mostram que cerca de 60% das cidades brasileiras ainda destinam seu lixo de forma inadequada para lixões ou aterros controlados (ABRELPE, op. cit).

De uma maneira geral, os resultados consolidados no Panorama 2015 demonstram que o País vem conquistando importantes avanços na gestão de resíduos sólidos, mas ainda convive com deficiências consideráveis que precisam ser superadas o quanto antes. Os métodos adotados para a coleta, o transporte e a disposição final dos resíduos sólidos não consideram as consequências que a má gestão destes materiais podem acarretar (SIMONETTO; LÖBLER, 2013). Com isso, a destinação final apresenta-se como o principal entrave da gestão dos resíduos sólidos no Brasil (PMGIRS, 2014).

2.2 Legislação Aplicável

A expansão da consciência coletiva em relação ao meio ambiente tem mantido os problemas relativos aos resíduos sólidos no centro das discussões nacionais e internacionais (MMA, 2017). A busca por soluções nesta área levou o poder público a desenvolver instrumentos legais, em diversas esferas do poder.

Em 2007, foram estabelecidas as diretrizes para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico através da Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007). Ainda na esfera Federal, a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esta dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos - incluídos os perigosos - às responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis.

Com relação aos dispositivos legais estaduais que amparam a qualidade ambiental e a disposição de resíduos do município de Camaçari, a Política Estadual de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade da Bahia através da Lei nº 10.431/2006 estabelece normas, diretrizes e padrões de emissão e de qualidade ambiental, além disso, determina a observância aos princípios de não geração, minimização, reutilização e reciclagem de resíduos, estimulando iniciativas para o aproveitamento de resíduos reutilizáveis e recicláveis. Em 2014 foi instituída a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Bahia, instituída pela Lei nº 12.932/2014 com o objetivo estabelecer normas relativas ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos, em regime de cooperação com o setor público, empresarial e demais segmentos da sociedade civil.

Por fim, no âmbito municipal, a Lei Complementar nº 913/2008 estabelece as bases normativas para ação do Poder Público Municipal no controle e ordenamento do uso e ocupação do solo e no

manejo dos recursos naturais, visando à preservação, conservação, defesa e recuperação do meio ambiente natural e artificial do Município através do Código Urbanístico e Ambiental do Município de Camaçari.

2.3 Matriz GUT

As ferramentas de gestão são instrumentos que têm o objetivo de identificar oportunidades de melhoria, e auxiliam na avaliação e na apresentação de resultados. Essas ferramentas dão suporte à tomada de decisão, permitindo maior controle das ações (VIANA et al., 2013). Nesse contexto, a matriz GUT é uma ferramenta gerencial utilizada para definir prioridades na tomada de decisão, com base na gravidade, na urgência e na tendência do fenômeno relacionado (FÁVERI e SILVA, 2016). A ferramenta é composta por parâmetros que possibilitam estabelecer prioridades na resolução de problemas relacionados entre si (KLASSMANN et al., 2011), como gravidade, urgência e tendência (Quadro 1).

Quadro 1. Definição dos parâmetros da Matriz GUT

Variável	Definição
G - Gravidade	Representa o impacto do problema caso ele venha a ocorrer. É analisado sobre alguns aspectos, como: tarefas, pessoas, resultados, processos, organizações etc. Verifica-se seus efeitos a médio e longo prazo, caso o problema em questão não seja resolvido.
U - Urgência	Representa o prazo, o tempo disponível ou necessário para resolver determinado problema. Quanto maior a urgência, menor será o tempo disponível para resolver esse problema. Recomenda-se que se responda a seguinte pergunta: A resolução deste problema pode esperar ou deve ser realizada imediatamente?
T - Tendência	Representa o potencial de crescimento do problema, a probabilidade de o problema se tornar maior com o passar do tempo. É a avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. Recomenda-se fazer a seguinte pergunta: Se eu não resolver esse problema agora, ele vai piorar pouco a pouco ou vai piorar bruscamente?

Fonte: Periard (2011)

Para elaborar a matriz GUT, Periard (2011) recomenda que sejam listados todos os problemas existentes. A seguir, cada um destes deve ser avaliado individualmente. Assim, para cada problema listado deve ser atribuído uma pontuação de 1 a 5, sendo 5 correspondente a um problema maior e 1 a um problema menor. Com o intuito de reduzir a subjetividade inerente ao método GUT, Periard (2011) propôs critérios de pontuação para cada variável (Quadro 2).

Quadro 2. Critérios de pontuação

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Írá piorar a longo prazo
3	Grave	O mais rápido possível	Írá piorar
4	Muito grave	É urgente	Írá piorar em pouco tempo
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Írá piorar rapidamente

Fonte: Periard (2011)

Por fim, cada linha da matriz deve ser multiplicada, gerando uma pontuação final para cada problema listado com base na sua gravidade, urgência e tendência. Quanto maior for o resultado final, mais grave será a deficiência apontada (PEIXOTO; TRABASSO, 2010). Ao final, os problemas que apresentarem maior pontuação deverão ser priorizados em detrimento aos que apresentarem menor pontuação. Muniz (2016) considera esta ferramenta indispensável para resolução de problemas, uma vez que prioriza as ações corretivas com mais urgência, com uma maior tendência ao erro contínuo e com um alto teor de gravidade, ou seja, com alto potencial de causar interrupções na produção.

Costa et al. (2016) propôs a aplicação da ferramenta, a Matriz GUT, na gestão de resíduos sólidos da Cidade do Recife-PE, como auxílio na tomada de decisão dos gestores públicos. A Matriz GUT mostrou-se eficiente para nortear a priorização de ações e investimentos na Gestão de Resíduos Sólidos da cidade do Recife.

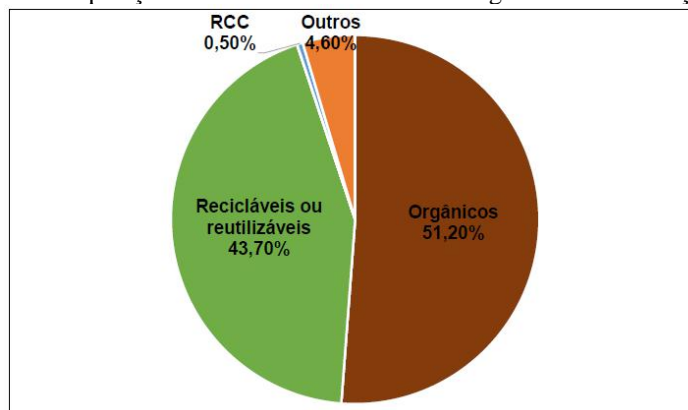
3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Área de Estudo

O município de Camaçari está localizado à 41 km de Salvador, na Bahia. Em 2016, apresentou população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 292 mil habitantes. Apresenta área da unidade territorial de 784,658 km² e densidade demográfica de 309,65 hab/m² (IBGE, 2010). O município abriga o Polo Industrial de Camaçari, primeiro complexo petroquímico planejado do país, também considerado o maior complexo industrial integrado do Hemisfério Sul (COFIC POLO, 2017).

O Plano Municipal de Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos (PMGIRS, 2015) de Camaçari aponta o desenvolvimento econômico, a urbanização e o aumento dos padrões de consumo como alguns dos fatores responsáveis pelo aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados. Além desses fatores, há ainda o fator de sazonalidade que ocasiona aumentos substanciais na população durante o verão. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2014) estima que foram coletados, aproximadamente, 245 toneladas de RSU por dia em Camaçari, no ano de 2013, com composição de mais de 50% de resíduos orgânicos (Figura 1).

Figura 1. Composição dos resíduos sólidos urbanos gerados em Camaçari - BA



Fonte: DDMA (2010)

3.2 Coleta de Dados

De acordo com Gil (2008), esta pesquisa possui caráter exploratório e descritivo, uma vez que explora um tema ainda pouco estudado com vistas a gerar uma aproximação e descreve um método. Com relação ao delineamento, é classificada como uma pesquisa bibliográfica e documental. O presente trabalho foi desenvolvido com base em dados da literatura, coletados a partir de teses, dissertações, artigos e documentos oficiais publicados pelo poder público. A partir de uma análise detalhada do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS, 2015) de Camaçari, pode-se identificar alguns problemas e riscos associados à gestão dos resíduos sólidos urbanos no município. Os problemas identificados foram avaliados com relação à prioridade de resolução utilizando a ferramenta GUT.

3.3 Aplicação da Matriz GUT

Para elaboração da matriz GUT, foram adotadas as recomendações de Periard (2011), bem como as definições para gravidade, urgência e tendência e os critérios de pontuação. Após identificar os problemas prioritários pela matriz GUT, foram discutidas possibilidades de solução.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os aspectos relativos à gestão dos RSU do município de Camaçari receberam pontuações diferentes de acordo com as variáveis identificadas (Quadro 4). Destacam-se na matriz GUT os problemas administrativos como, por exemplo, o contrato de prestação de serviço com a empresa responsável pela gestão dos resíduos defasado e o baixo índice de receita arrecadada. Os municípios brasileiros enfrentam diversos problemas na gestão dos seus resíduos como limitação financeira, arrecadação insuficiente, tarifas desatualizadas, falta de capacitação técnica, descontinuidade política, falta de controle ambiental e desinformações dos membros da comunidade, que desconhecem os efeitos maléficos dos RSU não gerenciados por um sistema adequado (JARDIM et al., 2015).

Com base nos resultados encontrados pela aplicação do método GUT, foram relacionadas as variáveis prioritárias para implementação do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no município de Camaçari (Quadro 5). O item 9 foi o que obteve a maior pontuação uma vez que foi atribuído a este a maior urgência e a maior tendência de piorar.

O PGIRS de Camaçari menciona que o contrato de prestação de serviço com a empresa responsável pela gestão dos resíduos no município foi firmado em 2010 e encontra-se defasado, uma vez que houve um grande crescimento populacional e conseqüente urbanização acelerada nos anos posteriores à sua elaboração. Este problema é muito grave e necessita de ação imediata, uma vez que ao atuar com contrato defasado todos os aspectos da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos no município ficam comprometidos. Ao solucionar este único problema, é provável que outros sejam resolvidos por extensão. Entretanto, para avaliar esta possibilidade, faz-se necessário aplicar métodos e ferramentas gerenciais complementares.

Quadro 1. Matriz GUT dos problemas delineados na gestão dos resíduos em Camaçari - BA

Aspectos identificados	G	U	T	GxUxT
1- Ausência de campanhas pertinentes nas escolas municipais que convoquem a sensibilização dos alunos para a redução na geração de resíduos sólidos e de incentivo do reuso e reciclagem.	2	3	2	12
	3	3	3	27
2- Ausência de coletores para resíduos recicláveis e ações de educação ambiental nas feiras livres;	3	4	4	48
3- Ausência de estudo técnico específico e atualizado de análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos por unidade territorial (distritos, bairros e localidades);	3	4	4	48
4- Ausência de investimento em equipamentos, ferramentas e tecnologias para o serviço de varrição mecânica;	3	3	3	27
5- Ausência de parceria com o Governo Federal para o provimento de recursos federais a serem utilizados na melhoria dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos;	3	4	3	36
6- Baixa eficiência na limpeza das feiras de Arembepé e Monte Gordo: resíduos dispostos em locais inadequados;	4	4	5	80
7- Baixo índice de receita arrecadada através de taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU;	3	4	3	36
8- Crescimento desordenado da população;	4	5	5	100
9- Contrato de prestação de serviço com a empresa responsável pela gestão dos resíduos está defasado devido à urbanização acelerada;	3	4	4	48
10- Deficiência na gestão dos resíduos das atividades agrossilvopastoris;	3	3	3	27
11- Dificuldade de acesso;	4	3	5	60
12- Ineficiência do serviço de varrição;	4	4	4	64
13- Ineficiência na coleta dos resíduos sólidos na Orla;	3	4	4	48
14- Ineficiência na coleta dos resíduos sólidos na zona rural;	3	3	3	27
15- Inexistência da autossuficiência financeira na gestão dos resíduos sólidos urbanos;	3	3	3	27
16- Inexistência de iniciativas de compostagem para gerenciamento adequado dos resíduos oriundos das feiras livres do município;	3	3	4	36
17- Queima de resíduos na zona rural;				

Fonte: Elaborado pelos autores

O segundo item que deve ser priorizado na gestão integrada dos resíduos urbanos de Camaçari é o baixo índice de receita arrecadada através de taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU (item 7). Este item relaciona-se, direta e indiretamente, com vários itens apontados (Quadro 4), e por isso, é considerado urgente. O aumento da arrecadação de receitas possibilita ao município ser mais atuante na gestão dos resíduos e conseqüentemente aumentar os investimentos nos diversos aspectos apontados como deficientes. Esses recursos poderiam ser investidos, inclusive, em projetos de parcerias com o governo Federal, para que assim, possa aumentar a receita do município destinada à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Segundo Rodrigues et al. (2015), o dimensionamento dos custos destinados à gestão dos resíduos sólidos urbanos tem relação direta com a morfologia das cidades, com seu traçado, a densidade demográfica presente, e o tipo de serviço almejado pela população. Dessa forma, o investimento financeiro deve ser o ponto de partida para a implementação do PMGIRS no município uma vez que possibilita o investimento em tecnologias e ações voltados para a melhoria do serviço.

Os itens 12 e 13 foram classificados respectivamente nos 3º e 4º graus de prioridade. Observe-se que esses itens podem ser facilmente solucionados a partir da resolução do item 9. A questão da ineficiência na coleta dos resíduos sólidos na Orla exige que além desta medida, seja considerado o aumento da população flutuante nos meses de dezembro e janeiro. Essa sazonalidade populacional na Região da Orla, que já é prevista todos os anos, deve ser considerada na elaboração do Plano de Gestão de Resíduos do Município e do contrato de prestação de serviço com a empresa licitada. No tocante ao serviço de varrição, o PGIRS de Camaçari sustenta que o serviço está previsto no contrato nº 0342/2010.

Apesar do aumento com as despesas deste serviço, a ineficiência na varrição mecânica pode indicar ausência de investimentos em equipamentos, ferramentas e tecnologias que otimizem a sua produtividade. Além disso, essa situação pode ser atribuída à dificuldade de acesso à algumas áreas itens 3, 4, 10 e 14 ficaram empatados no 5º grau de prioridade. O item 3 refere-se a falta de investimento em pesquisas que deem subsídio à elaboração do PGIRS e dos contratos com as empresas privadas responsáveis pela gestão dos resíduos. Este é um problema grave, urgente e com grande tendência a piorar uma vez que estes estudos são norteadores para se saber as necessidades reais do município.

Com relação aos itens 10 e 14, o PGIRS, observa a possibilidade de o sistema de coleta de resíduos sólidos porta-a-porta por caminhão basculante ser ineficiente e insustentável para a população da zona rural. Apesar de as residências ocuparem uma vasta área do município, os domicílios são descontínuos e em menor quantidade o que aumenta a rota do veículo utilizado para a coleta e torna a logística desfavorável. Desse modo, é importante adequar o manejo dos resíduos sólidos adotando métodos alternativos, como por exemplo, a compostagem. O item 4 e os classificados nos 6º, 7º e 8º lugares relacionam-se sobretudo a problemas já discutidos acima.

De modo geral, percebe-se que a maior parte dos problemas elencados podem ser resolvidos a partir da resolução de outros. Grande parte das questões apontadas podem ser solucionadas a partir de medidas administrativas e de investimento do poder público no setor. A aplicação da matriz GUT se mostrou com eficiência limitada, uma vez que a partir do quarto grau de prioridade, não foi mais possível definir os itens prioritários na gestão dos resíduos sólidos com precisão.

Quadro 5. Variáveis prioritárias para implementação do PGIRS do município de Camaçari

Problemas	GUT	Grau de Prioridade
9- Contrato de prestação de serviço com a empresa responsável pela gestão dos resíduos está defasado devido à urbanização acelerada;	100	1º
7- Baixo índice de receita arrecadada através de taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU;	80	2º
13- Ineficiência na coleta dos resíduos sólidos na Orla;	64	3º
12- Ineficiência do serviço de varrição;	60	4º
3- Ausência de estudo técnico específico e atualizado de análise gravimétrica dos RSU por unidade territorial (distritos, bairros e localidades);	48	5º
4- Ausência de investimento em equipamentos, ferramentas e tecnologias para o serviço de varrição mecânica;		
10- Deficiência na gestão dos resíduos das atividades agrossilvopastoris;		
14- Ineficiência na coleta dos resíduos sólidos na zona rural;		
6- Baixa eficiência na limpeza das feiras de Arembepe e Monte Gordo: resíduos dispostos em locais inadequados;	36	6º
8- Crescimento desordenado da população;		
17- Queima de resíduos na zona rural;		
2- Ausência de coletores para resíduos recicláveis e ações de educação ambiental nas feiras livres;	27	7º
5- Ausência de parceria com o Governo Federal para o provimento de recursos federais a serem utilizados na melhoria dos serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos;		
11- Dificuldade de acesso;		
15- Inexistência da autossuficiência financeira na gestão dos RSU;		
16- Inexistência de iniciativas de compostagem para gerenciamento adequado dos resíduos oriundos das feiras livres do município;		
1- Ausência de campanhas pertinentes nas escolas municipais que convoquem a sensibilização dos alunos para a redução na geração de resíduos sólidos e de incentivo do reuso e reciclagem.		
	12	8º

Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONCLUSÕES

O município de Camaçari está em pleno crescimento tanto econômico quanto populacional, sendo necessária a implementação de práticas de gerenciamento de resíduos sólidos adequadas. Verificou-se que a desorganização do Poder Público é a maior barreira para o correto manejo dos resíduos na cidade de Camaçari. A matriz GUT demonstrou ser uma ferramenta eficaz no auxílio de tomada de decisão, visto que a mesma ordenou as prioridades baseadas em critérios quantitativos. Dessa forma, foi possível definir para onde devem ser alocados os recursos humanos e os investimentos financeiros no setor dos resíduos sólidos urbanos. Aplicação do método, apesar de ter ajudado a ordenação das prioridades, se mostrou desvantajosa em algumas situações. A ferramenta não possui critério para desempate das variáveis que foram classificadas no mesmo grau de prioridade. Além disso, seus critérios são bastante subjetivos, sendo necessário aliar a sua aplicação à outras ferramentas de gestão para obter resultados mais precisos e confiáveis.

REFERÊNCIAS

- ARRECHEA, Alexis Pellón et al. Tecnología para el tratamiento de lixiviados provenientes de vertederos de residuos sólidos urbanos. **Tecnología Química**, p. 113-121, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- CAMAÇARI, PREFEITURA MUNICIPAL. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS. Município de Camaçari, Bahia, 2015.
- CASTRO HENRIQUE, J.; BEZERRA, J. Sistema de gerenciamento integrado de residuo sólido urbano do campus da cidade universitária “Zeferino Vaz”. Sínteses: Revista Eletrônica do SIMTEC, v. 1, n. 3, p. 279-280, 2016.
- COFIC - Comitê de Fomento Industrial de Camaçari. **O Polo Industrial de Camaçari**. Disponível em: <<http://www.coficpolo.com.br/>>. Acesso em: 24/05/17.
- COSTA, Karla Alamar. **Uma Abordagem metodológica para suporte da gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos urbanos: aplicação ao caso do município de Fortaleza**. 2016. Tese de Doutorado.
- COSTA, A.R.S. et al. Aplicação da matriz GUT na gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Recife-PE. In: **Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos**, 2016. Recife, PE, 2016.
- FÁVERI, R.; SILVA, A. Método GUT aplicado à gestão de risco de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. **Revista Ordem Pública**, v. 9, n. 1, p. 93-107, 2016.
- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008, v.6, 220p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=290570&search=||info%EF5es-completas>>. Acesso em: 24/05/17.
- JARDIM, Niza Silva et al. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT : CEMPRE, 2015.

KEPNER, Charles H.; TREGOE, Benjamin B. **O administrador racional**. São Paulo: Atlas, 1981.

KLASSMANN, A. B.; et al. Percepção dos funcionários dos riscos e perigos nas operações realizadas no setor de fundição. **Estudos Tecnológicos**, v. 7, n. 2, p. 142-162, 2011.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente. Resíduos Sólidos**, 2017. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>> Acesso em: 27/05/2017.

MUNIZ, Gabriel Ferreira et al. Análise da causa raiz no processo produtivo por meio do uso das ferramentas da qualidade. **DI Factum**, v. 1, n. 1, 2016.

PEIXOTO, Y.M.; TRABASSO, L.G. 2010. Otimização de processo via simulação – Engenharia de Interiores e Placares. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 30, 2010. São Carlos. Anais. São Paulo.

PERIARD, Gustavo. **Matriz GUT: Guia Completo**. 2011. Disponível em:
<<http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>>. Acesso em: 24/05/17.27/05:DDMA
Engenharia Pesquisa e Desenvolvimento. Levantamento de dados de destinação e caracterização gravimétrica, físico química e elementar dos resíduos sólidos: Aterro Sanitário Integrado de Camaçari. Camaçari, 2010

RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; PEREIRA, R. dos S. Análise dos Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.8, n. 1, 2015.

SIMONETTO, E.; LÖBLER, M. L. Simulação baseada em system dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. **Produção**, Santa Maria, vol.-, n.-, 11 p., jul. 2013.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços**, 2014 Disponível em:<
www.snis.gov.br>. Acesso em março, 2017.

1.6 GESTÃO AMBIENTAL NA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA: TÉCNICAS E FERRAMENTAS PARA UMA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

LUZ, Edja Lillian Pacheco da

Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPAMB /UFRPE)

lillian2800@hotmail.com

MEDEIROS, Marília Costa de

Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPAMB /UFRPE)

mariliamedeiros@hotmail.com.br

SANTOS, Patrícia Nazaré Ferreira dos

Centro Universitário Maurício de Nassau

san_patty@hotmail.com

RESUMO

Agroindústria canavieira é uma das maiores geradoras de renda e desenvolvimento socioeconômico para o país, seus principais produtos, o açúcar e o álcool, possuem importância tanto para o mercado interno como externo. Ao mesmo tempo em que o setor sucroalcooleiro gera empregos e renda para o país, também gera impactos para o meio ambiente. Contudo, um gerenciamento eficiente, através de um sistema de gestão ambiental responsável, tende a reduzir os impactos gerados. Diante disso, este trabalho buscou, por meio de uma ampla pesquisa e análise reflexiva do material consultado, verificar quais os mecanismos, estratégias e ferramentas que poderiam ser mais eficazes para a indústria da cana-de-açúcar. Estas devem incluir adaptações e inovações para uma produção mais limpa da agroindústria canavieira, além de propiciar uma integração com o valor agregado do negócio buscando contribuir para a melhoria contínua do setor sucroalcooleiro, além de ressaltar sua responsabilidade socioambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Cana-de-açúcar, Produtividade.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Dias (2011), neste início de século, as preocupações com o meio ambiente assumiram proporções cada vez maiores, em virtude dos efeitos visíveis de desequilíbrios provocados pelo homem na natureza. Somado a isto se tem o aumento da competitividade no ambiente empresarial devido à globalização da economia, fazendo com que as organizações busquem, além de uma maior eficiência e qualidade de seus produtos, uma melhor imagem perante a sociedade, uma vez que esta exerce forte influência no mercado nacional e internacional. Mesmo durante transações comerciais, as companhias envolvidas podem vir a exigir de suas parceiras a comprovação que estas realmente atendem aos padrões ambientais, sendo que as empresas que não estiverem de acordo podem vir a perder espaço no mercado. Logo, a gestão ambiental passa a ser uma estratégia e não só uma questão de certificação e cumprimento de normas.

Por conseguinte o conhecimento da evolução da estrutura de mercado e do vigor da competição é interessante, tanto sob o aspecto das estratégias das empresas, como sob a ótica de política pública, já que, em setores concentrados, existe a possibilidade do exercício do poder de mercado (RODRIGUES; MORAES, 2007). Estas normas como especifica Melo (2011), referem-se à série ISO 14.000, que incluem os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), auditoria ambiental, avaliação de desempenho ambiental, avaliação do ciclo de vida do produto, rotulagem ambiental e aspectos ambientais em normas de produtos.

Por outro lado, como descrito por Andrade (1994), uma análise do histórico de produção de cana-de-açúcar em Pernambuco, desde seus primórdios nos engenhos de açúcar no Brasil Colônia até os dias atuais, aponta que essa atividade sempre esteve ligada e tutelada pelo poder público além de estar marcada pela forte influência do mercado externo, como também dos inúmeros danos e conflitos ambientais e sociais. Embora tenha ocorrido uma modernização do setor pelos avanços das técnicas de produção oriundas de pesquisas incentivadas e financiadas pelo Estado, a preocupação com as questões ambientais sofreu poucas mudanças.

Uma evolução na gestão ambiental das empresas do setor sucroalcooleiro de Pernambuco refletiria diretamente na imagem das companhias, além de trazer outros benefícios, como os citados pela Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco: tratamento fiscal diferenciado, contratação de financiamento a juros mais baixos e tratamento diferenciado no licenciamento ambiental (FIEPE, 2010).

Dessa forma, o presente estudo teve como finalidade analisar os mecanismos, estratégias e ferramentas para uma gestão ambiental mais eficiente por meio de adaptações e inovações para uma produção mais limpa para a agroindústria canavieira, a qual deve está integrada ao negócio de modo a contribuir para a melhoria contínua do setor sucroalcooleiro, além de ressaltar sua responsabilidade socioambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ao longo da história, o homem sempre utilizou os recursos naturais e gerou resíduos sem muitos cuidados e nem preocupações com as consequências de suas ações, tendo em mente que os recursos eram abundantes e a natureza aceitava sem reclamar as cargas de despejos que era gerada (MOURA, 2008). Henriques e Catarino (2015) mencionam que, antigamente, os empreendimentos tinham o meio ambiente como um grande problema, com despesas e fatores de riscos; entretanto, atualmente os empresários deram início a observações com o intuito de trazer eficiência e melhoria para o crescimento da empresa.

Sabonaro et al. (2017), citam que, a partir das últimas décadas do século 20, as indústrias começaram a ser mais pressionadas pela sociedade para demonstrar um comportamento que evidencie mais consciência com o meio ambiente, bem como, práticas mais sustentáveis. Adaptando-se ao novo paradigma que é tão questionado, o meio ambiente, grande parte das empresas tem voltado suas estratégias e ações para aspectos socioambientais, tendo como base a ferramenta da gestão ambiental, que é indispensável para direcioná-las (ARAÚJO; COHEN; SILVA, 2014).

Nos dias atuais, a gestão ambiental surge como um ponto fundamental para a gestão e administração de uma empresa, com a chegada do desenvolvimento sustentável. A população passou a pressionar e exigir atitudes de responsabilidade ambiental por parte de seus fornecedores, diante da obrigação de racionalizar a utilização dos recursos, cada vez mais escassos (ALVES; BARBOSA, 2013).

O termo ambiental estabelece atualmente um respeitável espaço catalisador e produtor de discussões em diversos grupos sociais, organizações, instituições de pesquisa, estabelecimento do Estado e setores da sociedade. No entanto, essas discussões sinalizam para uma desconfiada tomada de consciência, em vários níveis, para a temática do meio ambiente, devido à exacerbação das dificuldades a este vinculado (LEONARDO; ABBAS; BULLA, 2013).

Barbieri (2008) ressalva que uma solução para os problemas ambientais, ou sua minimização, requer uma nova repaginada nas atitudes dos empresários e administradores, como estes precisam levar em consideração o meio ambiente em suas decisões, bem como, adotar novos conceitos, entre estes, os administrativos e tecnológicos, que podem contribuir para aumentar a capacidade de suporte do planeta, devido às primeiras manifestações de gestão ambiental ter sido estimulada pelo colapso de recursos.

A produção mais limpa pode ser analisada como um processo de produção em consolidação, observando assim quais etapas do método as matérias-primas e os recursos estão sendo perdidos. Com isso, existe a possibilidade de se reaproveitar, diminuir ou impedir a geração de resíduos do mesmo; entretanto, para que a forma de produzir seja considerada limpa, tal como, uma ação econômica e lucrativa, faz-se necessária uma ferramenta para conservar, de forma adequada, a legislação ambiental e gerar o desenvolvimento sustentável (CNTL, 2005).

Segundo Petter et. al. (2011), a produção mais limpa faz-se referência a uma metodologia integrada à proteção ambiental de forma mais abrangente, coincidindo de acordo com as fases do processo produtivo e o ciclo de vida que produto final terá. Fernandes e Espinosa (2010) expõem que os procedimentos, para uma produção mais limpa, trazem muitas oportunidades para que a cadeia de suprimento de uma indústria seja gerenciada e guiada de forma sustentável e que ocorra a colaboração

entre todos os participantes dessa cadeia. O sistema de produção é considerado uma forma ecologicamente correto, com custos baixos, quando se trata da matéria-prima, água e energia elétrica. Dessa forma, esses aspectos estão nas categorias de produtos com produção mais limpa.

Tendo em vista a importância da produção do açúcar e do álcool na vertente econômica e social do Brasil, como também os diversos impactos ambientais gerados, faz-se necessário a adoção de ferramentas de gestão ambiental. Contudo, a mesma tem muito a contribuir no que diz respeito à melhora do processo produtivo das empresas deste setor, obtendo ganhos nas áreas econômicas e ambientais. Neste sentido, pode-se destacar a Produção mais Limpa (P+L) como uma ferramenta de gestão ambiental focada na sustentabilidade setorial (SILVA; MACIEL; FREITAS, 2013).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi elaborado por meio de um amplo estudo bibliográfico, realizado a partir de pesquisas em artigos científicos, sites e análise reflexiva de bibliografias, que nortearam a análise proposta de modo a embasar o assunto da melhor forma. Foram utilizadas referências bibliográficas com conteúdo das áreas de qualidade e gestão ambiental, bem como, sustentabilidade e gestão integrada de resíduos sólidos. As reflexões teórico-metodológica conduziram o trabalho junto às fontes. Segundo Alves e Paulista (2015), a revisão bibliográfica é uma maneira que o pesquisador tem de proporcionar uma visão crítica e significativa para o trabalho que está sendo desenvolvido, além de reunir aspectos importantes de outros trabalhos e mostrar relações entre os diferentes pontos de vista.

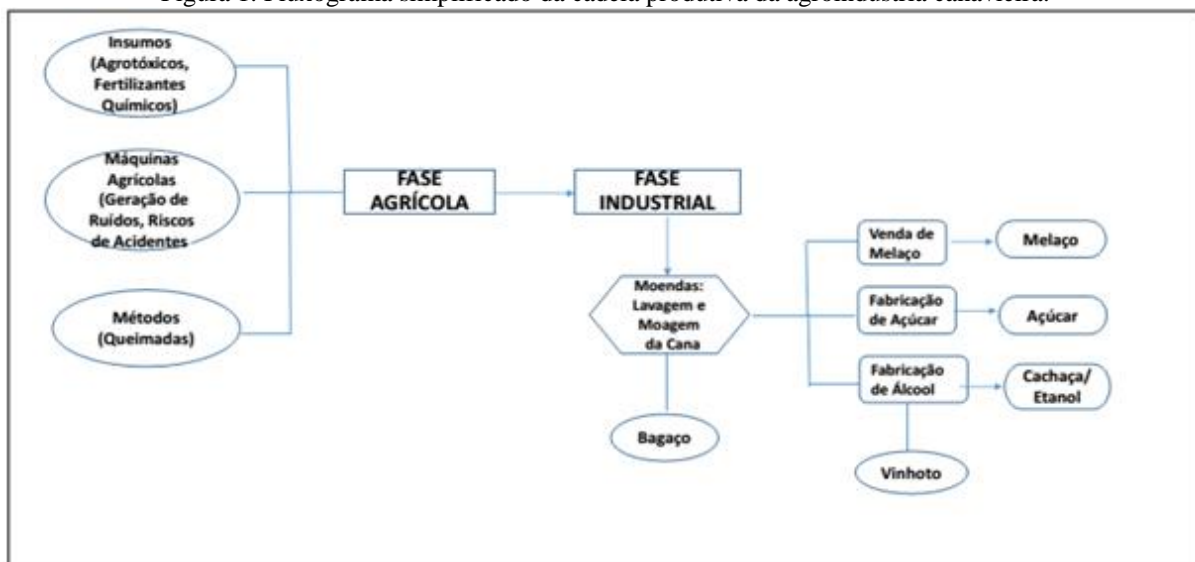
Para uma melhor explanação, definição e esclarecimento dos dados, foi empregado a pesquisa exploratória, uma vez que como afirma Vieira (2002) torna um problema complexo de forma explícita, além de possibilitar a construção de hipóteses, ou seja, explorar um determinado problema ou uma situação com o intuito de fornecer discernimentos e compreensão. O problema tratado nesse estudo diz respeito ao setor sucroalcooleiro, tendo em vista que é um dos grandes setores geradores da economia no Brasil, bem como, atinge muitas variáveis ambientais. Dentre as ferramentas e técnicas tratadas, esse estudo pretendeu focar no modelo de produção mais limpa (P+L) na gestão do setor agroindustrial canavieiro, por ser considerada como uma metodologia que pode colaborar para o desenvolvimento sustentável, possibilitando o posicionamento em um patamar individualizado de competitividade (NARA, et al. 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como destaca Rodrigues e Moraes (2007), o Brasil apresenta características marcantes em relação aos demais países produtores de açúcar, entre estas a grande produção voltada para o mercado externo, cadeia produtiva (Figura 1) mais complexa pela coexistência do mercado de álcool no mesmo sistema agroindustrial e distribuição regional dos mercados. Como ressaltado também por Fernandes e Miguel (2011), os autores lembram que nas últimas décadas, as empresas que anteriormente tinham como foco apenas a fabricação do açúcar segmentaram a produção, a distribuição e o aproveitamento de seus subprodutos.

A qualidade da classe de produto oferecida pela agroindústria de cana no Brasil e o valor atribuído para o produtor dependem da qualidade da matéria-prima fornecida e da eficiência de sua produção. Sendo assim, a ecoeficiência apresenta-se como um modelo de produção mais limpa, buscando uma melhor qualidade do produto com menor custo, devem incluir o reaproveitamento dos subprodutos dos resíduos da cadeia produtiva, diminuindo os custos de produção e maximizando os lucros para o produtor. Estas são estratégias fundamentais para a evolução do setor sucroalcooleiro do Brasil.

Figura 1. Fluxograma simplificado da cadeia produtiva da agroindústria canavieira.



Fonte: Autores (2017).

Como reforça Dias (2011), o nível de competitividade de uma empresa, no caso, a agroindústria canavieira, depende de um conjunto de fatores, variados e complexos, que se inter-relacionam e são mutuamente dependentes: custos, qualidade dos produtos e serviços, nível de controle de qualidade, capital humano, tecnologia e capacidade de inovação. O mesmo autor caracteriza o traço específico da ecoeficiência, em relação à Produção mais Limpa, é buscar ir mais além do aproveitamento sustentável dos recursos e da contaminação, destacando a criação de valor agregado, tanto para os negócios, como para a sociedade em geral, mantendo os padrões de competitividade.

Sendo assim, vale ressaltar a questão do bagaço da cana proveniente da moagem, este é o maior subproduto gerado pela agroindústria de cana-de-açúcar, portanto é de grande importância que o mesmo possa voltar ao ciclo produtivo seja na forma de energia através de biomassa, produção de papel na indústria de celulose ou outras aplicações alternativas tais como no setor de cosméticos: na forma de sabonete em barra esfoliante, sabonete líquido e loção hidratante; em embalagens de bioplástico, na forragem para o gado, no substrato para hidroponia, entre outras (COSTA; MELO, 2011).

Já com relação ao etanol de 2ª geração, este é citado como sendo um dos assuntos mais comentados na atualidade, proveniente do bagaço da cana-de-açúcar esse álcool é utilizado para produção de biocombustível, que por sua vez produz menos emissões de gases do efeito estufa em relação aos combustíveis tradicionais. Espera-se que nos próximos anos sua utilização seja implementada em larga escala como afirma Rabelo (2010).

Como alternativas aos fertilizantes químicos, devido às suas propriedades, que são ricos em matéria orgânica e minerais, alguns dos subprodutos da fabricação de açúcar e do álcool podem ser reaproveitados na fertirrigação dos próprios canaviais. Dentre eles destacam-se o vinhoto ou vinhaça resultante da fermentação para a obtenção do álcool, a torta de filtro proveniente do procedimento de clarificação do caldo na fabricação do açúcar e a água empregada na lavagem da cana antes da moagem (REZENDE, 2016).

As referidas técnicas expostas anteriormente contribuem para um modelo de produção mais limpa na agroindústria sucroalcooleira, pois como resume Rezende (2016) o conceito de P+L adota procedimentos que produtores e empresários do setor canavieiro devem estar atentos, são eles:

- Quanto aos processos de produção: conservar as matérias-primas e a energia, eliminando aquelas que são tóxicas e reduzindo a quantidade e toxicidade de emissões e resíduos.
- Quanto aos produtos: reduzir os impactos negativos ao longo do ciclo de vida do produto.
- Quanto aos serviços: incorporar as preocupações ambientais no projeto e fornecimento dos serviços.

Uma ferramenta de qualidade importante utilizada para levantamento de informações e identificação das possíveis causas e efeitos de problemas ocorridos ao longo da cadeia produtiva é o diagrama de Ishikawa. Luz et al. (2017), através da aplicação desse diagrama (Figura 2) conseguiram identificar os principais impactos do setor sucroalcooleiro e, assim, propor alternativas que melhor se adequassem a problemática específica gerada.



Fonte: Luz, et al. (2017).

Com o auxílio das ferramentas certas e de novas estratégias, as empresas estão buscando quebrar, gradativamente, o paradigma cartesiano para o paradigma sustentável embasadas no conceito *Triple Botton Line* – TBL, que equilibra as dimensões ambiental, social e econômica dos seus *stakeholders* ou atores chaves. Esse tipo de empreendimento com práticas e ações apoiadas em boas

práticas de sustentabilidade empresarial corporativa, é avaliado por meio de indicadores nacionais e internacionais (BUENO; COSTA, 2016).

É importante lembrar que, durante a fase de implantação de um sistema de gestão ambiental eficiente, o qual deve ser um processo dinâmico e que precisa estar sempre em melhoria, não só pela questão de cumprimento da legislação ambiental e industrial vigente ou a busca de certificações, mas também como foco nos padrões de qualidade do produto gerado.

Como ressalta Luz et al. (2017) o conjunto de práticas e adequações seguidas deve estar de acordo com as normas ISO 14.001 que se referem ao Sistema de Gestão Ambiental (SGA), entre as ações estão a avaliação do ciclo de vida do produto, auditoria ambiental, avaliação de desempenho ambiental, entre outras medidas que quando executadas asseguram que as condições legais sejam atendidas e ao mesmo tempo visam o desenvolvimento sustentável para o setor sucroalcooleiro.

Outra ferramenta de qualidade que deve ser incorporada ao sistema de gestão ambiental é o Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), cuja proposta mostra-se essencial para a eficiência do sistema, seja durante ou após o estabelecimento do SGA. Esta ferramenta utiliza o conceito de melhoria contínua para auxiliar a implantação e evolução das atividades ambientais da empresa pautadas nas fases de planejamento, execução, verificação e atuação (Figura 3).

Figura 3. Modelo de Gestão ambiental: PDCA (Plan, Do, Check, Act).



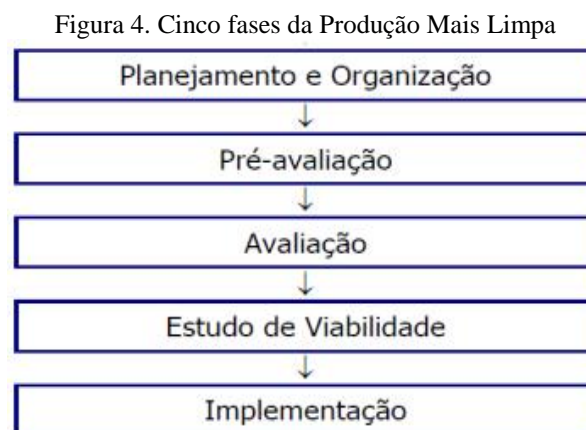
Fonte: Ebah.com (2017)

Cada letra que dá nome ao ciclo PDCA de acordo com Souza e Demétrio (2010) corresponde a uma fase de operação a ser executada são elas:

- 1ª Fase – *Plan* (Planejamento): nesta fase são definidos os objetivos e as metas a serem alcançadas. Para isso, as metas do planejamento estratégico precisam ser delineadas em outros planos que simulam as condições do cliente e padrão de produtos, serviços ou processos. Dessa forma, as metas serão só alcançadas por meio das metodologias que contemplam as práticas e os processos;

- 2ª Fase – *Do* (Execução): esta objetiva a prática, por esta razão, é imprescindível oferecer treinamentos na perspectiva de viabilizar o cumprimento dos procedimentos aplicados na fase anterior. No decorrer desta fase precisam-se colher informações que serão aproveitadas na fase seguinte;
- 3ª Fase – *Check* (Verificação): é realizada a averiguação do que foi planejado mediante as metas estabelecidas e dos resultados alcançados resultando em um parecer ou relatório que deve ser fundamentado em acontecimentos e informações;
- 4ª Fase – *Act* (Ação): diagnosticar qual é a causa raiz do problema com a finalidade de prevenir a reprodução dos resultados não esperados, caso as metas planejadas anteriormente não sejam atingidas, deve-se planejar novas estratégias a fim de alcançá-las.

Durante a busca por otimização da produção, o esquema (Figura 4), demonstra as etapas a serem seguidas para a redução do uso de água, energia e matérias-primas, otimizando esses processos para evitar desperdícios, e diminuir a poluição, por meio da minimização de resíduos. Dessa forma, ocorre o processo de racionalização, levando a uma economia bastante significativa, bem como direciona a empresa a inovação (SENAI, 2003).



Fonte: SENAI, 2003.

Essa inovação é fundamental para a melhoria contínua do setor canavieiro uma vez que além das cobranças comerciais para o aumento da qualidade do produto, existe também a preocupação quanto ao uso de conservantes em alimentos, no caso o açúcar brasileiro, e seus efeitos na saúde de seus consumidores, o mercado mundial.

Atualmente para a produção do açúcar branco (mais consumido no território nacional), é utilizado o método de sulfitação para a clarificação do açúcar, contudo esse procedimento acaba por gerar resíduos de enxofre que podem afetar a saúde da população e degradam o meio ambiente. Dessa maneira tecnologias alternativas e eficientes têm sido cada vez mais pesquisadas, Fonseca (2017) destaca alguns processos que podem ser utilizados em substituição ao método tradicional que ao mesmo tempo que aumentam a qualidade do açúcar gerado, diminui as perdas no processo, beneficiam a saúde do consumidor e favorece uma produção industrial mais limpa ao meio ambiente, são elas a carbonatação, a separação por membranas e os processos oxidativos avançados (POA).

5. CONCLUSÕES

Conclui-se, ao final deste trabalho, que para uma gestão ambiental eficiente e que, ao mesmo tempo, esteja ao alcance dos produtores e empresários da agroindústria canavieira, é necessária uma mudança de paradigma voltada para uma visão mais sustentável do setor sucroalcooleiro. Esta deve estar integrada tanto aos processos envolvidos na cadeia produtiva, como na parte organizacional, envolvendo também os *stakeholders* neste processo. A busca pela melhoria contínua deve ser o foco do sistema de gestão ambiental, a partir das etapas incluídas no ciclo PDCA. Os objetivos de melhoria de desempenho e produtividade podem ser alcançados com mais facilidade, já que o planejamento, a execução, a verificação e a operação são fases indispensáveis ao sucesso de um empreendimento.

Ferramentas e estratégias inovadoras devem estar atreladas ao desenvolvimento de uma forma mais limpa de produção, além da aplicação do conceito de ecoeficiência para aperfeiçoar a produção proporcionando menos custos e uma maior qualidade do produto final, mantendo os padrões de competitividade. Esse modelo de gestão empresarial ambiental proporciona a valorização do produto em relação a a forma de produção, agregando benefícios ao negócio, além de satisfazer às exigências do mercado mundial por produtos mais saudáveis e produzidos de forma mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. A. & PAULISTA, P. H. **Proposta de ensaios experimentais para aplicação das ferramentas da qualidade.** Revista Científica da FEPI, v. 6, n. 1, 2015.
- ALVES, V. C.; BARBOSA, A. S. **Práticas de gestão ambiental das indústrias coureiras de Franca-SP.** Revista Gestão & Produção. São Carlos, v. 20, n. 4, p. 883-898, 2013.
- ANDRADE, M.C. **Modernização e pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico e social.** São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1994. p. 35-44.
- BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008, p.99-135.
- BUENO, M.P.; COSTA, M.V.C.G. Gestão de usinas processadoras de etanol: sustentabilidade sob a ótica do método Shewhart Pdca Cycle. In: **Simpósio Nacional de Tecnologia e Agronegócio**, 2016, Jales-SP.
- CNTL. **Centro Nacional de Tecnologias Limpas: Implementação de Programas de Produção mais Limpa.** 2005. Disponível em: <http://www.cntl.com.br/> . Acesso: 10 de jun. 2017.
- COSTA, W. L. S.; MELO, M. L.B. Aplicações do bagaço da cana-de-açúcar utilizadas na atualidade. **Ciência & Tecnologia**, v. 4, n. 1, 2011.
- DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2011. p.IX - 154.
- FERNANDES, A. S.; MIGUEL, E. R. A importância da utilização do bagaço de cana-de-açúcar na geração de energia em termelétricas. **UNISALESIANO, III Encontro científico e simpósio de educação unisalesiano**, Lins, São Paulo, 2011.
- FERNANDES, S.D.C.; ESPINOSA, J.W.M. **Diagnóstico da cadeia de suprimentos no contexto da Produção Mais Limpa: Um estudo de caso da reciclagem de papel.** XXX ENEGEP. São Carlos-SP. 2010.
- FIEPE. **Sondagem Industrial- Indústria de transformação e extrativa mineral.** Gestão Ambiental. Recife: Unidade de Pesquisas Técnicas- UPTC, 2010. p. 5.

- FONSECA, C. R. **Ozonização: uma alternativa para clarificação do caldo de cana-de-açúcar**. 2017. 161f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Química, São Paulo, 2017.
- HENRIQUES, J.; CATARINO, J. **Sustainable Value and Cleaner Production e research and application in 19 Portuguese SME**. Journal of Cleaner Production, São Paulo, v. 96, Jun, p. 379-386. 2015.
- LEONARDO, V. S.; ABBAS, K.; BULLA, P. R. **Sistema de gestão ambiental como suporte na identificação dos custos com controle, preservação e recuperação do meio ambiente**. Enf.: Ref. Cont. UEM – Paraná. v. 32, n. 3, p. 129-149. setembro/dezembro. 2013.
- LUZ, E. L. P.; MEDEIROS, M.C.; GABRIEL, F.A.; MORENO, M.A.. Aplicação do diagrama de Ishikawa na análise dos principais impactos da área agrícola no setor sucroalcooleiro do Brasil. In: EL-DEIR, S.G.; Lins BEZERRA, R.P.L.; AGUIAR, W.J. (Org.). **Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. 2 Ed. Recife: EDUFRPE, 2017. v. 3. p. 34-43.
- MELO, M. G. S. **Gestão ambiental no setor sucroalcooleiro de Pernambuco: entre a inesgotabilidade dos recursos naturais e os mecanismos de regulação**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011. p. 128.
- MOURA, L. A. A. **Qualidade e Gestão Ambiental**. 5ª ed. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira. 2008.
- NARA, E. O. B.; GERHARD, G.; SEHN, K. T. MORAES, J. A. R. SILVA, A. L. E. **Aplicação da metodologia de produção mais limpa em um processo de rotomoldagem como uma ferramenta sustentável aplicada à segurança do trabalho**. Exacta – EP, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 377-389. 2015
- PETTER, R. R.; VAZ, C. R.; RESENDE, L. M. M.; SELIG, P.M. **Produção Limpa, Produção mais Limpa, Produção Enxuta, 5s e Manutenção Autônoma – uma proposta metodológica de implantação conjunta**. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2011.
- RABELO, S.C. **Avaliação e otimização de pré-tratamentos e hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração**. 2010. 447f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- REZENDE, M. F. **Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar em cimento Portland como mecanismo de desenvolvimento limpo**. 2016. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. 2016.
- RODRIGUES, L.P.; MORAES, M.A.F.D. **Estrutura de mercado da indústria de refino de açúcar na região Centro-Sul do Brasil**. RER, V. 45, n. 1, p. 93-118, 2007.
- SABONARO, D. Z.; SABONARO, C. Z.; SABONARO, M. Z.; SILVA, F. A. G.; OLIVEIRA, R. A. A **Incorporação da Gestão Socioambiental na Estratégia Competitiva: Um Estudo de Caso no Setor Sucroalcooleiro**. Editora Unijuí. Ano 15, n. 38. jan./mar. p. 319-342. 2017.
- SENAI. RS. **Questões ambientais e Produção mais Limpa**. Porto Alegre. UNIDO. UNEP. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI. 2003.
- SILVA, M. C. V. G.; MACIEL, D. S. C. FREITAS, L. S. **Avaliação do processo produtivo da cachaça de alambique do Engenho Pé de Serra à luz da Produção Mais Limpa**. XVI SEMEAD. Seminários em Administração. Outubro. 2013.
- SOUZA, Roselaine Cunha de; DEMÉTRIO, Talita Veronez. **O Ciclo PDCA e DMAIC na Melhoria do Processo Produtivo no Setor de Fundação: um estudo de caso da empresa de uma indústria e comércio Ltda**. 2010. Disponível em: < http://www.engwhere.com.br/empreiteiros/ciclo_PDCA_e_DMAIC.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2015.
- VIEIRA, V.A. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. **Revista da FAE**, Curitiba, v.5, n.1, p.61-70, jan./abr. 2002.

1.7 ALTERNATIVAS PARA O USO DOS RESÍDUOS DA MARICULTURA

POLYCARPO, Julyane Silva Mendes

Universidade Federal Rural de Pernambuco (CETA/UFRPE)

julyanemendes@gmail.com

SANTOS JÚNIOR, Marcos Antonio dos

Universidade Federal Rural de Pernambuco (CETA/UFRPE)

masjr1995@hotmail.com

BELTRAME, Leocádia Terezinha Cordeiro

Universidade Federal Rural de Pernambuco (CETA/UFRPE)

beltrame.leo@uol.com.br

RESUMO

O crescimento populacional vem correlacionado ao aumento do consumo de alimentos. Dentre a retirada de diversos recursos marinhos, encontra-se a pesca de mariscos. Após a retirada do marisco, as conchas são descartadas, o que ocasiona impactos ambientais caso estas não tenham destinação adequada. Com essa preocupação do descarte adequado das conchas, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica para analisar formas de reuso das conchas dos moluscos bivalves. Dentre os estudos encontrados, observou-se que o reuso na calagem de solo desempenha a mesma função que o uso do corretivo normalmente utilizado. Também se observou que as conchas quando tratadas termicamente a 135 °C durante 30 minutos podem ser utilizadas como agregados em concreto simples; outro uso na construção civil é na fabricação de tijolos. Além disso, é possível a substituição total do calcário calcítico, utilizado na alimentação de codornas de corte, pela casca de sururu sem comprometer o desempenho das codornas.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Conchas, Carbonato de cálcio.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional vem correlacionado ao aumento do consumo, desde materiais que são usados no dia-a-dia (objetos) como o aumento de alimentos. Isso gera um aumento de resíduo, desde aqueles que são descartados nas próprias indústrias primárias, como os que são descartados pela população (tanto objetos não mais utilizáveis como alimentos em geral). Uma grande preocupação que vem surgindo, atualmente, é o aumento no consumo de pescados pela população mundial.

Segundo Rocha et al. (2013), o comércio de alimento no mundo tem sofrido um aumento sem precedentes, se tornando mais homogêneo e globalizado. Em 2013, as previsões do consumo de pescados aproximaram-se de 20 kg/hab.ano, com produção estimada de mais de 160 milhões de toneladas (FAO, 2013). No Brasil o consumo anual de pescado por habitante está abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que é de 12 quilogramas por ano. De acordo com um novo relatório da FAO (2016) “o Estado Mundial da Pesca e Aquicultura 2016 (*The State of World Fisheries and Aquaculture - SOFIA*) estima que o Brasil deve registrar um crescimento de 104% na produção da pesca e aquicultura em 2025”.

Dentre a retirada de diversos recursos marinhos, encontra-se a pesca de mariscos. Os moluscos bivalves representam quase 10% da produção mundial de pescado, representando 26% do volume total e 14% do valor total da produção mundial de aquicultura (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2017).

A maricultura, ou cultivo de moluscos, é uma atividade muito difundida mundialmente, sendo o grupo dos bivalves (i.e. ostras, mexilhões e vieiras) os principais moluscos cultivados (Freitas et al. 2009 *apud* TUNA; TAGLIOLATTO, 2015, p. 130). Segundo Oliveira e Lima (2016) a pesca de marisco não se utiliza tecnologias atuais. Esta se dá de maneira rústica, onde os pescadores utilizam canoas para se deslocar até o local da pesca antes mesmo do sol nascer. O processo ocorre durante o nível baixo da maré, onde se utilizam as mãos como ferramenta de trabalho. Após o processo, as marisqueiras fervem e retiram a carne de dentro das conchas descartando as mesmas. Esses descartes são feitos em terrenos baldios, na beira de rios (Figura 1), no mar, ou até mesmo como lixo onde em seguida o resíduo segue para os aterros. Isso vem gerando grandes impactos ambientais, principalmente em cidades onde a pesca de marisco é uma atividade cultural e que é de extrema necessidade para alguns habitantes, pois é dessa prática que se tira o sustento da família.

Figura 1. Descarte inadequado das conchas de marisco na beira de um rio localizado em Igarassu-PE



Fonte: Autores

As conchas se misturam com outros tipos de resíduos, solo, matéria orgânica, entre outros. Com esses dados surge um grande problema a ser solucionado que é o descarte inadequado dos resíduos sólidos gerados com o consumo de marisco e mexilhões.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado) (ZAMBELO, 2015).

De acordo com Valenti et al. (2000), Valenti (2002), Valenti (2008) e Oliveira (2009), conforme citado por Tuna e Tagliolatto (2015, p. 132), só há sustentabilidade na maricultura se existir uma relação econômica positiva, capaz de gerar lucro, desenvolvimento social e conservação do meio ambiente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Tenório et al. (2014), o manejo, a coleta, o transporte e a destinação final dos resíduos gerados na maricultura causam degradação do meio ambiente e poluição ambiental, além de causarem problemas à saúde pública. Se os resíduos forem descartados nas águas, podem provocar crescimento desordenado de algas, assorear bacias e poluir as águas, causando interferência no ciclo de concepção de novos moluscos.

Como exposto em Petrielli (2008), a instituição normativa nº 105 de 20 de julho de 2006, publicada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), proíbe a deposição no mar dos resíduos oriundos da atividade de maricultura, como conchas, restos de cordas, cabos, panos de redes e etc. Nesse documento está escrito que o empreendedor é responsável pela destinação dos resíduos proveniente de suas áreas de produção.

As conchas são basicamente constituídas por uma conhecida substância química, utilizada em larga escala em diversos ramos, o carbonato de cálcio (CaCO_3) (OLIVEIRA; LIMA, 2016). Afirma Álvarez et al. (2012) que geralmente pedras calcárias são utilizadas como corretivos de solos, porém a atividade de extração pode causar impactos ambientais, o que levou a busca por outros meios de utilização de carbonato de cálcio, incluindo o uso de casca de mexilhão.

De acordo com Oliveira e Lima (2016) o carbonato de cálcio também é utilizado na produção de cal virgem e hidratada, adubos e pesticidas, rações, espumas de polietileno, produção de vidros em geral, medicamentos, e em diversas áreas na construção civil.

Para combater a osteoporose a arma utilizada são suplementos que tem como base o carbonato de cálcio. Ainda, falando da indústria farmacêutica e o CaCO_3 , pesquisas realizadas nos EUA, comprovaram que o cálcio presente nas conchas reduz os sintomas da tensão pré-menstrual em até 50% (SANT'ANNA et al., 2007 *apud* OLIVEIRA; LIMA, 2016).

Nos Estados Unidos pesquisas revelam a utilização das conchas na indústria farmacêutica como alternativa para o controle de águas saturadas de nutrientes. De acordo com Knowet al. (2003), conforme citado por Oliveira e Lima (2016), se as conchas forem queimadas em elevadas temperaturas numa atmosfera de nitrogênio, haverá uma alteração na sua composição, onde sua utilização na eliminação dos fosfatos encontrados nas águas de descarte é de aproximadamente 100%.

Ainda, exemplificando a utilização do carbonato de cálcio, nas mais diversas indústrias, o Policloreto de Vinila (PVC) necessita de aditivos para que o mesmo passe do estado de resina plástica para a sua forma final, sendo o carbonato de cálcio a principal componente para esta mudança de estágio, juntamente com lubrificantes, estabilizantes e pigmentos (BOICKO; HOTZA; SANT'ANNA, 2004 *apud* OLIVEIRA; LIMA, 2016).

Visando a reciclagem e o bem-estar do meio ambiente, se fez a revisão bibliográfica com o objetivo de reunir e expor com resultados diferentes formas de reuso de conchas de moluscos bivalves, a fim de dar uma finalidade sustentável para o descarte das conchas.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração desse trabalho, foram pesquisados e analisados trabalhos científicos com foco na reutilização de resíduos da maricultura. Os critérios de pesquisa foram publicações nos últimos cinco anos de documentos nacionais e internacionais, com preferência no idioma inglês. As pesquisas foram feitas de forma indireta em plataforma eletrônica, como a CAPES, a SciELO e a ScienceDirect, através do uso de um computador. Ao acessar a plataforma, foram utilizadas palavras-chave como: marisco, casca de marisco, molusco, maricultura, *shellofseafood*, *mussel*, *musselshell* dentre outras. O levantamento de documentos foi realizado no mês de maio de 2017. Após uma seleção de documentos e dados, buscou-se estudar e analisar para, em seguida, expor os dados adquiridos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Chierighiniet al. (2011), cultivo de moluscos bivalves é uma prática que pode servir de modelo sustentável, pois ocasiona pouca alteração na paisagem natural das regiões, gerando um baixo impacto ambiental e melhorando as condições de vida de algumas comunidades. Ainda segundo Chierighiniet al. (2011), o reuso dos resíduos gerados nesta atividade pode torná-la ainda mais sustentável.

A melhor forma de resolver o problema não é destinando todos os resíduos para o aterro, mas fazendo seu reuso. Se destinado para o aterro, devido a grande quantidade, vai ocasionar maiores

gastos para os órgãos responsáveis pelo seu descarte; e se não destinado, como relata Teixeira (2015, p. 99), evita gastos e aumenta o tempo de vida de um aterro. Para começar a se extrair os resultados de uma pesquisa envolvendo casca de marisco, vale salientar que antes de fazer o uso da concha, a mesma precisa ser estudada quimicamente. Com isso se realiza a lavagem das conchas para retirar o sal e restos de matéria orgânica ainda presentes; em seguida se faz uma análise para saber o teor de cloreto de sódio (NaCl) presente e deve também passar por um processo de trituração para em seguida realizar seu reuso em diferentes meios, como ressalta Tenório et al. (2014).

Um estudo realizado por Costa et al. (2012) teve por finalidade avaliar o uso de pó de conchas de marisco coletadas nos sambaquis da Área de Proteção Ambiental do Canal de Santa Cruz – PE para mitigação do impacto gerado pelo acúmulo deste resíduo na área em questão. A alternativa para a solução desse impacto utilizada nesse estudo seria a utilização do resíduo para a calagem de solo ácido.

Figura 2. Sambaquis encontrados no Canal de Santa Cruz - PE



Fonte: Costa et al., 2012

Já com as primeiras análises, e ao final do experimento, o solo apresentou-se com um maior pH, se comparado com o uso do corretivo normalmente usado, o calcário. De acordo com Costa et al. (2012) a média do pH apresentada nas amostras de solo corrigidas com as cochas foi de 6,33. Essa média se aproxima da faixa de pH ideal que afirma Malavolta (2002) ser 6,5 para a maioria dos solos (*apud* Costa et al., 2012, p. 6).

O uso de um corretivo alternativo, no caso das conchas, representa não só uma alternativa de mitigação dos impactos gerados pelo descarte inadequado destes cascos, bem como, da redução dos impactos gerados pela extração do calcário tradicionalmente utilizado para correção de solos ácidos, que é o obtido das rochas. Isso por que, este elemento para ser extraído provoca a remoção de solo e vegetação para descobrimento da rocha (COSTA et al., 2012).

Souza et al. (2015) realizou um estudo sobre “Viabilidade econômica e ambiental do uso de conchas de ostras e mariscos: estudo de caso na comunidade de Nossa Senhora do Livramento – PB”. Nesse estudo, foi citada a empresa Cysy Mineração Ltda que produz e comercializa um produto com utilização de casca de ostra, onde este possui formato granulado denominado Fertilizante Mineral Simples, e possui características de corretivo de acidez e fonte de cálcio solúvel.

A primeira etapa consistirá no recolhimento da matéria prima onde a mesma será levada à associação de pescadores artesanais para o processo de pesagem e controle. O armazenamento da matéria prima será de acordo com os dias de recolhimento e a limpeza será realizada com hidrojatos. A etapa seguinte consistirá no processo de retirada da matéria orgânica que já é comercializada e a queima das conchas a uma temperatura de aproximadamente 600° C no forno. Após a queima, as conchas serão trituradas em um moinho de bola até que apresentem granulometria desejável. Posteriormente, os grãos ou farelo de conchas serão embalados e estocados para que sejam comercializados para empresas de diversos setores(SOUZA et al., 2015).

Com o estudo de Souza et al. (2015) observou-se que esse procedimento de trituração com o moinho de bola, sendo realizado por marisqueiros e pescadores, pode, além de transformar o resíduo em matéria-prima para novos produtos, gerar aumento na renda familiar.

Na área de construção também se faz o reuso de conchas de moluscos bivalves tanto para substitutos dos agregados naturais ásperos como finos. Um estudo foi realizado por Martínez-García et al. (2017) para avaliar o desempenho de casca de mexilhão como em concreto simples. Concluiu-se que a forma escamosa da casca faz com que o concreto apresente uma alta porosidade, com isso necessita-se de uma maior demanda de água provocando uma diminuição das propriedades mecânicas do concreto (força e módulo). Observou-se também que as partículas planas adotam uma orientação horizontal que atua como uma barreira à penetração da água, reduzindo assim a capacidade de absorção de água do concreto e a permeabilidade à água.

A presença de substâncias orgânicas (matéria orgânica e também polímeros orgânicos) leva a uma diminuição da ligação de pasta agregada (redução do desempenho mecânico), aumento da porosidade e afeta o processo de hidratação. Também atrasa a configuração e aumenta a viscosidade da pasta, o que leva a uma redução na liquidez da mistura. Portanto, a fluidez é prejudicada. Esses efeitos são maiores em frações de areia do que em frações de cascalho devido à alta superfície específica de partículas de areia. Finalmente, observou-se que as conchas de mexilhão tratadas termicamente a 135 ° C durante 30 minutos podem ser utilizadas como agregados em concreto simples (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2017).

Segundo Martínez-García et al. (2017), todos os estudos concluíram que ocorre uma diminuição na capacidade de trabalho, densidade e resistência à compressão, à medida que a porcentagem de conchas aumenta. Também se concluiu que interfere na força de tração, módulo de elasticidade, encolhimento de secagem e permeabilidade da água do concreto. Além da utilização de conchas em concreto, existem estudos que visam à fabricação de tijolos (blocos verdes) a partir da utilização em sua composição de conchas de moluscos bivalves. Um desses estudos foi realizado em Santa Catarina onde realizou-se a construção de bloco sustentável para substituir bloco convencional, especificamente areias finas e médias, por um pó feito com a casca de ostra, como cita Tenório et al. (2014, p. 65).

O “Bloco Verde” foi idealizado como monografia para o trabalho de conclusão de curso da Engenheira Bernadete Bartista, mas o projeto se tornou um programa de grande repercussão, inclusive ganhando diversos prêmios ambientais importantes, nacionais e internacionais. O Bloco Verde substitui especificamente areias finas e médias, ricas em dióxido de silício (SiO₂) pelo pó das ostras (TENÓRIO et al., 2014).

Segundo Tenório et al. (2014) os resultados apresentados dos são compatíveis com a norma, e presença da incorporação desses resíduos pode melhorar as propriedades do pavimento convencional.

Falando em termos de economia, a substituição das areias, especificamente a fina, gera uma redução de 40% nos custos de produção. Vale ressaltar que o uso de conchas de moluscos na construção civil é algo que requer muita análise, pois cada tipo de estrutura pode necessitar de um tipo específico de resistência, por exemplo; onde o resíduo da maricultura pode não ser útil ou até mesmo viável.

Além da viabilidade técnica e econômica, que são fundamentais para o início de pesquisas mais profundas acerca do tema, acontece, também, um grande benefício social e ambiental (TENÓRIO et al., 2014).

Outro estudo realizado foi na utilização de “cascas de sururu na alimentação de codornas de corte”. Esse trabalho foi uma dissertação de mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas, realizado por Viapiana (2015). O trabalho visava a substituição do calcário calcítico pela casca de sururu na dieta de codornas de corte sobre o desempenho produtivo, o rendimento de carcaça e a resistência óssea à flexão. O experimento foi realizado, comparando o efeito das rações com 100% de calcário calcítico, 25%, 50%, 75% e 100% de casca de sururu; através de um delineamento inteiramente casualizado. A casca de Sururu coletada foi da lagoa Mundaú – Maceió/AL. Após experimentos, se concluiu de acordo com Viapiana (2015) que é possível uma substituição total do calcário calcítico pela casca de sururu e a utilização da casca do sururu não comprometeu o desempenho, nem a resistência à flexão dos ossos, das codornas europeias no período de um a 35 dias de idade. Porém utilização da casca de sururu como fonte de cálcio em rações para codornas europeias não apresentou viabilidade econômica.

5. CONCLUSÕES

Existe uma possibilidade de solucionar o acúmulo de resíduo e reduzir o impacto ambiental, sem prejudicar o trabalho dos marisqueiros que dependem dessa prática para sua sobrevivência. Tanto o uso da casca de moluscos bivalves na calagem do solo como na indústria de construção, são soluções ambientalmente viáveis, pois reduzem os custos com a matéria-prima de calcário para a calagem de solo; reduz impactos ambientais gerados pela extração do calcário e no descarte inadequado das conchas em cursos d'água e terrenos baldios; substitui outros agregados na construção civil, como a areia. A reutilização da casca também pode ser feita na substituição de ração animal, mesmo não sendo economicamente viável, pode se contribuir para o bem-estar do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ, E.; FERNÁNDEZ-SANJURJO, M. J.; SECO, N.; NÚÑEZ, A. Use of mussel shells as a soil amendment: effects on bulk and rhizosphere soil, and pasture production. **Pedosphere**, v.22, n° 2, 2012, p. 152 – 164.

BRASIL. Instrução Normativa do IBAMA nº 105 de 20 de julho de 2006.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

CHIERIGHINI, D.; BRIDI, R.; da ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. Possibilidades do uso das conchas de moluscos. **3rd International Workshop – Advances in Cleaner Production. Cleaner Production Initiatives and challenges for a sustainable world.** São Paulo, Mai/2011.

COSTA, A. R. S.; OLIVEIRA, B. M. C.; ARAÚJO, G. V. R.; SILVA, T. E. P. EL-DIER, S. G. **Viabilidade do uso de conchas de marisco como corretivo de solos**. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Goiânia, 2012.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA – BRASIL. **Novo relatório da FAO aponta que produção da pesca e aquicultura no Brasil deve crescer mais de 100% até 2025**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/423722/>>. Acessado em: 28 de mai 2017.

MARTÍNEZ-GARCÍA, C.; GONZÁLEZ-FONTEBOA, B., MARTÍNEZ-ABELLA, F., CARRO-LÓPEZ, D. Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete. **Construction and Building Materials**, v. 139, p. 570-583, 2017.

NUNES, M. M.; PFITSCHER, E. D. Sustentabilidade ambiental: análise de uma empresa de “blocos verdes pré-fabricados” para utilização em universidades públicas federais. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, nº 3, Paraná/2014, p. 564-583.

OLIVEIRA, K. C. S.; LIMA, S. F. de. Formas alternativas do uso da casca do sururu. **Cadernos de Graduação. Ciências exatas e tecnológicas**, v. 3, nº 3, Maceió, Nov/2016, p. 121-132.

PETRIELLI, F. A. da S. **Viabilidade Técnica e Econômica da Utilização Comercial das Conchas de Ostras Descartadas na Localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis, Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ROCHA, C. M.C. da.; RESENDE, E. K. de.; ROUTLEDGE, E. A. B.; LUNDSTEDT, L. M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, nº 8, p. iv-iv, ago/2013.

SOUZA, A. B. B.; da SILVA, N. M.; de AQUINO, D. F. S.; FILHO, H. N. S. Viabilidade econômica e ambiental do uso de conchas de ostras e mariscos: estudo de caso na comunidade de Nossa Senhora do Livramento – PB. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção**. Fortaleza, out/2015.

TEIXEIRA, K. M. D. Trabalho e perspectivas na percepção dos catadores de materiais recicláveis. **Revista Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 27, nº 1, jan-abr/2015, p. 98-105.

TENÓRIO, H. C. L.; MOTTA, P. M. S.; GONÇALVES, L. B. MARINHO, A. A. Reaproveitamento de conchas de marisco e resíduo da construção civil em Alagoas. **Cadernos de Graduação. Ciências exatas e tecnológicas**, v. 1, nº 1, mai/2014, p. 61-71.

TUNA, F. A. P.; TAGLIOLATTO, A. B. Um breve panorama abordando aspectos positivos e negativos da maricultura. **IPTEC - Revista Inovação, Projetos e Tecnologias**, v. 3, nº 1, jan-jun/2015, p. 127-136.

VIAPIANA, J. G. **Casca de Sururu na alimentação de codornas de corte**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2015.

ZAMBELO, E. A. A. Economia Solidária como um princípio de organização do trabalho: formação e assessoria técnica para catadores de material reciclável. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 10, nº 2, abr-jun/2015, p. 101-113.

1.8 NORMAS PARA RADIAÇÃO IONIZANTE AMBIENTAL NATURAL

SILVA, Arykerne Nascimento Casado da

Grupo de Radioecologia da Universidade Federal de Pernambuco (RAE/UFPE)
ary_casado@yahoo.com.br

AMARAL, Romilton dos Santos

Grupo de Radioecologia da Universidade Federal de Pernambuco (RAE/UFPE)
romilton@ufpe.br

VIEIRA, José Wilson

Grupo de Dosimetria Numérica da Universidade Federal de Pernambuco (GDN/UFPE)
jose.wilson59@uol.com.br

BARRETO, Carlos Alberto Alves

Universidade Federal de Pernambuco
carloss_barreto@yahoo.com.br

RESUMO

O solo é fonte de radiação ionizante natural desde o surgimento do planeta. São fótons e partículas provenientes principalmente dos radioisótopos ^{40}K , ^{87}Rb e das séries dos elementos radioativos naturais do ^{238}U e do ^{232}Th . Eles se transmitem emitindo partículas energéticas alfa, beta e fótons gama. As partículas são barradas pela blindagem do próprio solo e do ar, não submetendo o ser humano à exposição externa. Porém, essas partículas podem alcançar as pessoas através da transferência dos radioisótopos do solo para os alimentos vegetais, animais e para a água potável. A radiação gama pode atingir o ser humano tanto por exposição externa, pois o solo e o ar não impedem a sua passagem, como por exposição interna. Existem regiões do nordeste brasileiro com anomalias radioativas, é o caso dos municípios de Pedra e Venturosa localizados no Agreste do estado de Pernambuco. As anomalias apresentam-se nas áreas urbanas e rurais. Residências, plantações e criação de animais estão sobre solos ricos em minério de urânio e muito próximas de afloramentos de rochas com alto teor radioativo. Esta pesquisa foi desenvolvida através da consulta das regulamentações existentes, desenvolvidas por organismos nacionais e internacionais, sobre a radiação ionizante ambiental natural. Além disso, trabalhos de pesquisa com resultados significativos em termos de emissão de fótons a partir do solo ou da identificação de percurso de radionuclídeos primordiais do solo para vegetais, animais e água foram analisados com o objetivo de demonstrar a possibilidade de incorporação por parte do ser humano gerando a exposição interna. Os resultados sobre as consultas às normas existentes demonstram uma grande lacuna em termos de regulamentação da radioatividade ambiental natural, pois não existe referência a solos ou rochas com anomalias radioativas em que não ocorreram manuseio por parte do homem. Calcula-se a taxa média de dose radioativa de fundo devido a radiação ambiental como 3 mSv/ano, um valor considerado de baixa dose e cujos efeitos biológicos sobre o ser humano seriam não detectáveis ou inexistentes. Porém, quando se determina os valores de radiação de fundo, não é possível uma uniformidade ou padronização desses números devido a variação em termos das diferentes medidas encontradas nos solos pesquisados. Uma simples consulta no repositório da Agência Internacional de Energia Atômica permitiu visualizar uma relação superior a 20.000 artigos científicos com diversas medições diferentes para a taxa de dose da radiação de fundo produzida pelo meio ambiente. Foi possível concluir que o problema da radioatividade ambiental natural ou do material radioativo de ocorrência natural precisa ser definido de forma clara e precisa, e que este estudo justifica a necessidade de criação de normas específicas para a ocupação dessas áreas anômalas. Sendo a discussão dessas normas o objetivo deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Radionuclídeos, Radiação ionizante, Normas.

1. INTRODUÇÃO

Os radionuclídeos de origem natural surgem em toda crosta terrestre em maior ou menor concentração de acordo com a região analisada. Esses produzem radiação ionizante que podem atingir o ser humano gerando efeitos deletérios biológicos de acordo com o nível de dose. Porém, normalmente o nível de exposição ao qual a pessoa está submetida não chega a ser crítico e é definido como radiação de fundo (o termo “background” é mais utilizado mesmo em textos na língua portuguesa), pois os riscos à saúde são considerados mínimos (HENDRY et al., 2009).

Regiões com anomalias radioativas são aquelas nas quais as concentrações dos radionuclídeos primordiais, como os provenientes das séries do ^{238}U e do ^{232}Th , e ainda o ^{40}K e o ^{87}Rb , nos seus respectivos minérios, estão acima dos valores médios da crosta. De acordo com Aieta et al. (1987) a concentração média do minério do urânio na crosta é de 2 mg.kg^{-1} . Estudos realizados na região Agreste do estado de Pernambuco, mais exatamente nos municípios de Pedra e Venturosa, destacaram um valor máximo de $22.000 \text{ mg.kg}^{-1}$ de urânio (MAGALHÃES, 1977) e uma concentração média de 100 mg.kg^{-1} de ThO_2 (COSTA et al., 1976). A exploração econômica desses minérios nunca ocorreu, pois prospecção realizada pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM) não demonstrou viabilidade econômica para a operação de mineração (FILHO e ANDRADE, 1988).

A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA - International Atomic Energy Agency) desenvolveu um sistema de controle regulatório para as situações nas quais as anomalias radioativas do solo ultrapassem valores de concentração que possam expor os seres humanos a níveis elevados de radiação ionizante. As normas da IAEA são utilizadas como orientação básica para governos e grupos de pesquisas em todo o mundo. Porém, as determinações da IAEA estão sempre relacionadas a atividades humanas associadas aos rejeitos sólidos provenientes de operações de mineração, tais como refugo de rochas de diferentes processos e rejeitos de processamento de minérios, como a “lama vermelha” produzida a partir da obtenção da bauxita, rejeitos da mineração de ouro, escória da produção de prata e estanho, e geração do fosfogesso como subproduto na produção de fertilizantes (IAEA, 2011; PENTREATH, 1998).

Existem definições para materiais radioativos de origem natural que englobam as situações abordadas pela IAEA. Material Radioativo de Ocorrência Natural (NORM – Naturally Occurring Radioactive Material) é todo material formado por radionuclídeos primordiais ou elementos radioativos provenientes da natureza. O NORM pode aparecer em amostras de solo, de água e até em materiais de construção (HOSSEINI, 2007; PEREIRA et al., 2014). Por outro lado, existe o Material de Ocorrência Natural Tecnologicamente Melhorado (TENORM – Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material) considerado como aquele material que foi concentrado, aumentando a exposição potencial ambiental radioativa (KARAM e VETTER, 2009).

Em todas as situações, a regulação se refere sempre aos rejeitos sólidos obtidos de operações tecnológicas de mineração subterrânea ou a céu aberto. Situações nas quais ocorrem apenas emanções de radiação ionizante do solo não são abordadas. Por exemplo, em uma região com altos valores de radiação de fundo, mesmo sem nenhuma atividade produtora de rejeitos ou refugos, pode ocorrer a exposição crônica interna e externa (HENDRY et al., 2009).

O principal objetivo deste trabalho foi discutir a necessidade de criar normas sobre a ocupação de áreas com anomalias radioativas, sobre a produção e o consumo de produtos alimentícios de origem vegetal e animal provenientes de solos contendo radioisótopos naturais e ainda definir uma classificação, baseada em dados nacionais e internacionais, do risco radioativo de acordo com a presença de radioisótopos de ocorrência natural no solo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O início dos estudos científicos sobre a radiação atômica ocorreu no intervalo entre os últimos cinco anos do Século XIX e os primeiros anos do Século XX. Nesse período a radioatividade dos materiais foi relacionada a radioisótopos existentes no solo e nas rochas por cientistas como Henri Becquerel (1852-1908), Marie Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906). O principal material utilizado nas pesquisas foi um minério de óxido de urânio denominado de uraninita ou pechblenda do qual foram isolados o polônio e o rádio (OKUNO e YOSHIMURA, 2010). Becquerel foi a primeira vítima dos efeitos deletérios de um radioisótopo, pois uma irritação surgiu em uma região do seu tórax devido a um pequeno recipiente de vidro com alguns gramas de ^{226}Ra que sempre levava no bolso da camisa para demonstrações científicas (STANNARD, 1988).

As primeiras décadas do Século XX foram marcadas pela utilização indiscriminada do rádio na fabricação de diversos tipos de produtos disponíveis para a população (

Figura 2). Notícias fantasiosas sobre propriedades miraculosas da radiação emitida pelo isótopo ^{226}Ra estavam sendo divulgadas em grandes revistas e jornais (

Figura 3) sem nenhuma comprovação científica dos seus benefícios (LAVINE, 2008). Porém, foi a utilização do rádio como base de tintas luminescentes para mostradores de relógios que gerou estudos epidemiológicos sobre os casos de cânceres ocorridos nas trabalhadoras das fábricas. As mulheres utilizavam a boca para afinar os pincéis utilizados na pintura dos mostradores e tinham, como consequência, o rádio incorporado ao sistema ósseo (IAEA, 2014).

Figura 2. Embalagem de supositórios produzidos com sal de rádio



Fonte: Lavine, 2008

Atualmente, devido a emissão de partículas alfa, a uma meia-vida de 1.600 anos e a geração de sérios problemas de saúde, o rádio é utilizado apenas em laboratórios de pesquisa científica (IAEA, 2014).

Figura 3. Anúncio em revista americana sobre propriedades do rádio



Fonte: Lavine, 2008

A ignorância inicial relativa aos perigos provenientes da exposição à radiação ionizante no final do Século XIX e começo do Século XX fez surgir diversos estudos iniciais sobre os limites aceitáveis para os sistemas biológicos, iniciando assim as pesquisas na área de proteção radiológica (INKRET et al., 1995). Historicamente, considera-se que a primeira recomendação para proteção radiológica ocorreu em 1896 e foi divulgada em relação à radiação ionizante produzida por raios X. Foi o engenheiro americano Wolfram Suchs que sugeriu três normas para exposição aos raios X: “o tempo de exposição deve ser o mais breve possível”, “a distância mínima de exposição ao tubo de raio X deve ser de 30 cm” e “recobrir a pele exposta com vaselina”. Estavam definidos os três princípios básicos para proteção radiológica: tempo, distância e blindagem (CLARCK e VALENTIN, 2009).

Porém, foi no ano de 1925, durante o Primeiro Congresso Internacional de Radiologia (First International Congress of Radiology), em Londres, que surgiu a primeira comissão internacional para tratar dos assuntos relativos a radioatividade. Inicialmente foi formada uma comissão para tratar das medições e unidades da radiação (International Commission on Radiation Units and Measurements – ICRU), responsável por quantificar as medições radioativas. Em 1928, em Estocolmo, foi criada a comissão internacional para proteção radiológica (International Commission on Radiological Protection – ICRP), responsável por definir grandezas e determinar limites de exposição (CLARCK e VALENTIN, 2009).

A Segunda Grande Guerra Mundial (1939-1945) foi um marco histórico para o desenvolvimento da proteção radiológica em consequência das detonações dos artefatos nucleares nas cidades de Hiroshima e Nagasaki. Em outubro de 1945 foi fundada a Organização das Nações Unidas (ONU) com a participação inicial de 50 países e o objetivo de procurar manter a paz. Em 1956, 81 países filiados a ONU aprovaram a criação da IAEA com o objetivo de desenvolver aplicações tecnológicas nucleares para fins pacíficos (FISCHER, 1997).

Os estudos promovidos pela IAEA permitiram um amplo conhecimento sobre a radioatividade e sobre os radioisótopos. A classificação dos radionuclídeos em artificiais, desenvolvidos pelos seres humanos, e em naturais, provenientes do espaço ou do solo, além do desenvolvimento de pesquisas

sobre a contaminação do meio ambiente exposto aos produtos das explosões nucleares, foi o grande incentivo para o desenvolvimento da Radioecologia. Além dos estudos de proteção radiológica, surgiram também os estudos de descontaminação e garantias do uso dos solos contaminados com elementos radioativos.

3. METODOLOGIA

Este estudo surgiu como consequência da leitura de vários artigos nacionais e internacionais sobre a questão dos efeitos da radioatividade ambiental sobre os seres humanos, leitura necessária como preparação para o desenvolvimento de uma tese no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (PROTEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os autores dos artigos consultados abordam sempre a existência de NORM ou TENORM associados a rejeitos produzidos por atividades industriais, e como consequência, analisam os riscos desses materiais para a saúde de pessoas do público ou de pessoas ocupacionalmente expostas (AZLINA et al., 2002; BRENNER et al., 2003; COSTA e AZEVEDO, 2012; HENDRY et al., 2009; HOSSEINI, 2007; KARAM e VETTER, 2009; MOURA et al., 2011; PENTREATH, 1998).

Foram pesquisados, em ordem cronológica, trabalhos científicos publicados em revistas brasileiras e estrangeiras, relatórios de instituições relacionadas à proteção e à regulação radiológica, além de livros e documentos técnicos-científicos com abordagem sobre radioatividade ambiental. As consultas foram iniciadas com os trabalhos publicados a partir do ano de 1896, quando a radioatividade devido à uraninita foi identificada por Bequerel.

A principal fonte da pesquisa cronológica bibliográfica foi o Sistema de Informações Nucleares Internacional (*International Nuclear Information System - INIS*) um extenso repositório de trabalhos científicos no campo da radioatividade, criado e mantido pela IAEA desde 1966. Foram utilizadas também as bibliotecas virtuais mantidas por diversas instituições relacionadas aos estudos sobre a radioatividade ambiental, como o Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR*), Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency - EPA*) e a ICRP.

Os organismos internacionais são normalmente utilizados como base principal de normatização de conceitos, grandezas, valores e unidades, principalmente a IAEA. Porém este trabalho busca a formação de normas para solos brasileiros e então também foram consultadas publicações nacionais e instituições que tem como objetivo tratar da proteção radiológica no país. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão responsável por tratar de todos os assuntos relativos a energia nuclear e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) busca aplicar as regulamentações para produtos e serviços que possam afetar a saúde da população, inclusive os provenientes de atividades nucleares.

3.1 Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear

No Brasil a Comissão Nacional de Energia Nuclear é a autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), criada em 1956 e estruturada pela Lei 4.118, de

27 de agosto de 1962, com o objetivo de desenvolver a política nacional de energia nuclear. Órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, a CNEN estabelece normas e regulamentos em radioproteção e é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil. A instituição desenvolve atividades de pesquisa, desenvolvimento, inovação, ensino de pós-graduação, radioproteção e segurança. As atividades são desenvolvidas em 14 unidades entre institutos, escritórios e laboratórios.

A CNEN periodicamente divulga normas técnicas relativas as atividades que envolvem a radiação ionizante antropogênica e natural. Essas estão alinhadas às orientações de organismos internacionais como a IAEA, UNSCEAR e a ICRP. As regulamentações da CNEN são classificadas como normas em vigor, normas em elaboração/revisão e normas revogadas (Quadro 1).

A única referência relacionada a radioatividade ambiental está no Grupo 3 e trata da Proteção Radiológica. A Norma CNEN-NN-3.01 Diretrizes Básicas da Proteção Radiológica foi originalmente publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 06/01/2005 e sendo alterada pela última vez através da Resolução CNEN 164/14 e publicada no DOU de 11/03/2014. O objetivo dessa norma é definir o que é basicamente necessário para proteger pessoas contra a exposição à radiação ionizante. O escopo da norma é amplo, pois se aplica a fontes radiológicas artificiais e naturais. Além disso, existem os documentos complementares relacionados a essa norma e entre eles estão as Posições Regulatórias PR-3.01/008 - Programa de Monitoração Ambiental e PR-3.01/0010 - Modelo para a Elaboração de relatórios de Programas de Monitorização Radiológica Ambiental. Porém, a norma e as posições regulatórias abrangem apenas as situações decorrentes de exposição radiológica relativa a manipulação de rejeitos ou realização de práticas com fontes radioativas naturais ou artificiais. Não há relação com as fontes radioativas primordiais do solo, de rochas ou de outro material.

Quadro 2. Classificação das regulamentações CNEN

Normas	Descrição
Em vigor	Grupo 1 – Instalações Nucleares
	Grupo 2 – Controle de Materiais Nucleares, Proteção Física e Proteção Contra Incêndio
	Grupo 3 – Proteção Radiológica
	Grupo 4 – Materiais, Minérios e Minerais Nucleares
	Grupo 5 – Transporte de Materiais Radioativos
	Grupo 6 – Instalações Radiativas
	Grupo 7 – Certificação e Registro de Pessoas
	Grupo 8 – Rejeitos Radioativos
	Grupo 9 – Descomissionamento
Elaboração/Revisão	Planilha, atualizada mensalmente, com a relação de normas em elaboração ou revisão
Revogadas	Planilha com a relação das normas revogadas e substituídas

Fonte: CNEN, 2016

A PR-3.01/008 determina as responsabilidades que se aplicam a todas as monitorizações radiológicas que tem como objetivo a verificação do cumprimento da Norma CNEN-NN-3.01, incluindo a monitorização ambiental que é definida como:

Entende-se por monitorização ambiental o processo planejado e sistemático de realizar medições de campos de radiação, de radioatividade e de outros parâmetros de meio ambiente, incluindo interpretação dos resultados dessas medições, com o objetivo de caracterizar, avaliar ou controlar a exposição do indivíduo do público, em especial do grupo

crítico, resultante de uma prática. A monitorização ambiental é realizada por meio da condução de um Programa de Monitorização Radiológica Ambiental (CNEN, 2014, p. 13).

A ideia dessa definição é que a exposição só ocorrerá devido a existência de manuseio, produção, posse e utilização de fontes radioativas ou prática que envolva a exposição às fontes naturais que precisem ser controladas.

É possível perceber uma grande preocupação com a contaminação ambiental através de fontes antropogênicas ou naturais, porém as anomalias radioecológicas não surgem como preocupação principal em nenhum momento.

3.2 Normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária foi criada em 26 de janeiro de 1999 como uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Saúde com o objetivo de regular produtos e serviços relacionados a saúde da população em termos sanitários e econômicos. No contexto desse trabalho a ANVISA surge devido ao processo de irradiação de alimentos naturais ou industrializados no sentido de evitar ou retardar o surgimento de microorganismos e promovendo a qualidade sanitária do produto final. Além da regulamentação técnica de água envasada e gelo.

O processo de irradiação de alimentos é regulamentado pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 21 de 26/01/2001. Normalmente grãos e frutas para exportação podem ser submetidos ao processo de irradiação no qual uma fonte radioativa, normalmente de ^{60}Co ou de ^{137}Cs , emite radiação gama que atinge os produtos a granel ou já embalados, exterminando possíveis microorganismos contaminantes (ANVISA, 2016). A operação utiliza radiação ionizante com energia inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam transformar os alimentos irradiados em material radioativo. Existindo então toda uma preocupação por parte da ANVISA e da CNEN no sentido de tornar o processo seguro (ANVISA, 2016).

Em áreas com anomalias radioativas no solo no qual a presença da pechblenda (U_3O_8), do ThO_2 e do K_2O surgem em concentrações acima dos valores médios da crosta terrestre, podem ocorrer significantes transferências dos radioisótopos ^{238}U , ^{232}Th e ^{40}K , além do ^{226}Ra , para produtos vegetais e animais produzidos na região (IAEA, 2011). De acordo com Santos Júnior (2009):

Devido às elevadas concentrações de radionuclídeos naturais das séries do urânio e do tório no solo, existe uma grande possibilidade de transferência desses elementos para os 20 vegetais cultivados na região estudada. Como mostra a literatura, vegetais cultivados em locais com elevados níveis de radioatividade ambiental absorvem eficientemente radionuclídeos naturais (SANTOS JÚNIOR, 2009, p. 19).

Não existe norma ou acompanhamento da ANVISA relativo a produtos de origem vegetal (macaxeira, inhame, milho, feijão e outros) e ou de origem animal (carne, leite e ovos) produzidos em regiões com acentuada radioatividade ambiental proveniente do solo.

A ANVISA regulamenta a produção e distribuição de águas envasadas e gelo através da RDC nº 274 de 22 de setembro de 2005 (ANVISA, 2016). Fontes de águas naturais normalmente atingem regiões nas quais estão presentes radionuclídeos naturais em forma de minérios. O urânio e o potássio são elementos químicos que podem formar substâncias solúveis em água e, conseqüentemente, seus radioisótopos também estarão presentes. A ocorrência do ^{238}U é garantia do surgimento dos outros radioisótopos da série, como o ^{226}Ra e ^{222}Rn , esse último um gás nobre solúvel em água e que quando inalado ou ingerido tem seus produtos de decaimento (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi e ^{214}Po) se acumulando nos pulmões e emitindo partículas alfa. O principal efeito dessas emissões é o câncer de pulmão (AIETA et al., 1987; IAEA, 2011).

As concentrações máximas de substâncias químicas inorgânicas contidas em água mineral natural e água natural estão relacionadas na RDC 274 (Tabela 1) e não existe citação a radioisótopos naturais. Nos Estados Unidos a Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA) regulamenta os limites de substâncias no sistema de abastecimento de público de água e divulga inclusive tabela com o valor máximo permitido para presença de radionuclídeos (Tabela2).

Tabela 1. Limites para substâncias químicas que representam risco à saúde

Substâncias inorgânicas	Limite máximo permitido
Antimônio	0,005 mg/L
Arsênio	0,01 mg/L calculado com Arsênio total
Bário	0,7 mg/L
Boro	5 mg/L
Cádmio	0,003 mg/L
Cromo	0,05 mg/L calculado como Cromo total
Cobre	1 mg/L
Cianeto	0,07 mg/L
Chumbo	0,01 mg/L
Manganês	0,5 mg/L
Mercurio	0,001 mg/L
Níquel	0,02 mg/L
Nitrato	50 mg/L calculado como nitrato
Nitrito	0,02 mg/L calculado como nitrito
Selênio	0,01 mg/L

Fonte: ANVISA, 2016.

A grande preocupação da agência americana é com os depósitos naturais de minerais no solo e no subsolo, que podem ocasionar a contaminação da água de beber.

Tabela 2. Conteúdo máximo de radionuclídeos naturais em água de beber

Contaminante	MNMC ¹	NMC ²	Efeito potencial para a saúde a partir de exposição de longo prazo acima do NMC	Fontes de contaminação
Partículas alfa	0	15 (pCi/L)	Aumenta o risco de câncer	Erosão de depósitos de certos minerais radioativos que podem emitir radiação alfa
Partículas beta e emissores de fótons	0	4 (mrem/ano)	Aumenta o risco de câncer	Decaimento de depósitos de certos minerais radioativos que

^{226}Ra e ^{228}Ra	0	5 (pCi/L)	Aumenta o risco de câncer	podem emitir radiação beta ou gama
Combinados				Erosão de depósitos naturais
Urânio	0	30($\mu\text{g/L}$)	Aumenta o risco de câncer e gera problemas renais	Erosão de depósitos naturais

Fonte: EPA, 2016. ¹Meta para o nível máximo de contaminação. ²Nível máximo de contaminação

4. RESULTADOS

O primeiro resultado desse trabalho foi a identificação da inexistência de normas relativas à exposição e ao consumo de alimentos e água provenientes de regiões de alto nível de radiação natural de fundo no Brasil e em países como China, Índia, Iran, que também apresentam grandes área com essas características radioecológicas, principalmente no solo (HENDRY et al., 2009).

Observou-se também a forte preocupação dos organismos internacionais e nacionais com a exposição de trabalhadores aos materiais identificados como NORM e TENORM. Os estudos científicos que analisam esses materiais já tem uma base de confirmação consolidada em relação aos efeitos biológicos. Como consequência, existe uma tendência em considerar a exposição de populações ocupacionalmente expostas à radioatividade ambiental provenientes de resíduos e rejeitos industriais como um problema mais importante que a exposição devido a fontes radioativas naturais de regiões de baixa radiação de fundo (IAEA, 2011).

A incerteza dos efeitos biológicos prejudiciais aos seres humanos devido a radiação de baixa dose dos radioisótopos naturais coloca em segundo plano a regulamentação do uso da água e de alimentos vegetais e animais produzidos nas regiões com anomalias radioativas (KARAM e VETTER, 2009).

4.1 Anomalias Radioativas

O grupo de pesquisa em Radioecologia (RAE) do PROTEN-UFPE trabalha desenvolvendo estudos de identificação de áreas com anomalias radioativas em várias regiões do nordeste do Brasil. Amostras, principalmente de solo e rocha, são analisadas no Laboratório de Radioecologia e Controle Ambiental (LARCA) com o objetivo de identificar radionuclídeos e suas respectivas concentrações de atividade. Santos Júnior (2009) publicou dados de concentração de ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K e ^{226}Ra em amostras de solo e rocha (Tabela 3) da cidade de Pedra, agreste do estado de Pernambuco. Duas fazendas, identificadas como F1 e F2, produtoras de leite foram monitoradas com o objetivo de iniciar um estudo de transferência de radionuclídeos do solo para o leite produzido. Os altos valores das concentrações de ^{238}U , ^{232}Th e ^{226}Ra , quando comparados com as respectivas médias para a crosta 2 mg.kg^{-1} ; $10,7\text{ mg.kg}^{-1}$ e $0,8\text{ ng.kg}^{-1}$, demonstraram a existência da anomalia radioativa. Para o ^{40}K ocorreram concentrações abaixo do limite suportado pelo método utilizado (LD é o limite de detecção). É importante observar que não existe nenhuma exploração econômica de minérios na região estudada, portanto toda a radiação ionizante produzida é proveniente dos radioisótopos primordiais encontrados no solo da região.

Tabela 3. Teores de radionuclídeos em amostras de solo e rocha

Amostra	Concentração			
	^{238}U (mg.kg^{-1})	^{232}Th (mg.kg^{-1})	^{40}K (mg.kg^{-1})	^{226}Ra (ng.kg^{-1})

F1	920,8	44,2	<LD	570,0
F1	712,4	14,1	<LD	460,0
F1	6.347,7	468,0	<LD	3.900,0
F2	4.943,0	23,4	<LD	2.700,0
F2	2.738,0	47,5	<LD	1.800,0

Fonte: Santos Júnior, 2009.

Independente das conclusões finais do estudo realizado por Santos Júnior (2009), não é possível aplicar, se necessária, medidas de proteção radiológica, pois não existe norma para o problema abordado.

4.2 Normas Desejáveis

O desenvolvimento de pesquisas relacionadas a transferência de radioisótopos para a cadeia alimentar do ser humano não é novidade. As explosões nucleares no Japão no final da Segunda Grande Guerra (1945), os acidentes de Chernobyl (1986) e de Fukushima (2011) geraram um grande número de estudos. Nesses casos, ocorre contaminação do meio ambiente por isótopos radioativos artificiais. Esses radionuclídeos permanecerão na natureza durante centenas de anos de acordo com os seus tempos de meia vida, podendo ser transferidos para alimentos e para a água de consumo. Medidas emergenciais determinam a segurança alimentar da população (HÁLA e NAVRATIL, 2003; IAEA, 2014).

No caso de regiões sem contaminação, porém radioativamente anômalas, o que ocorre é a transferência de isótopos radioativos das series naturais existentes no meio ambiente (solos, rochas, águas superficiais e subterrâneas) para vegetais e esses são utilizados para alimentar seres humanos, rebanhos e aves.(HOSSEINI, 2007; IAEA, 2011).

5. CONCLUSÕES

É de fundamental importância o mapeamento radiométrico do solo, de rochas e dos mananciais superficiais e subterrâneos do nosso país. As regiões nas quais o nível de radioatividade ambiental natural se destacar não devem apenas ser monitoradas, porém regulamentadas para evitar a ocupação indevida do solo.

Devem ser regulamentados os níveis máximos admissíveis de radioatividade nos seguintes produtos: alimentos vegetais como verduras, frutas e grãos, sejam importados ou não; água de consumo, seja engarrafada ou não; alimentos de origem animal, como carnes, leites, ovos e qualquer outro que possa sofrer transferência de radioisótopos do percurso solo-água-planta-animal.

REFERÊNCIAS

AIETA, E. M.; SINGLEY, J. E.; TRUSSELL, A. R.; THORBJARNARSON, K. W.; MCGUIRE, M. Radionuclides in drinking water: an overview. **Research and Technology**. v. 189, p.144-152, 1987.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulação. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/anvisa/regulacaosanitaria/legislacao>>. Acesso em: 20 de março de 2016.

AZLINA, M.J.; ISMAIL, B.; YASIR, M. S.; SAKUMA, S. H.; KHAIRUDDIN, M. K. Radiological impact assessment of radioactive minerals of amang and ilmenite on future landuse using RESRAD computer code. **Applied Radiation and isotopes**, v.58, p.413-419, 2002.

BRENNER, D. J.; DOLL, R.; GOODHEAD, D. T.; HALL, E. J.; LAND, C. E.; LITTLE, J. B.; LUBIN, J. H.;

PRESTON, D. L.; PUSKIN, J. S.; RON, E.; SACHS, R. K.; SAMET, J. M.; SETLOW, R. B.; ZAIDER, M. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *PNAS*. v.100, n.24, p.13761-13766, 2003.

CLARCK, R.H.; VALENTIN, J. The history of ICRP and the evolution of its policies. **Annals of the ICRP**, v. 109, p. 75-110, 2009.

Comissão Nacional de Energia Nuclear. Normas. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/normas-tecnicas>>. Acesso em: 03 de maio de 2016.

Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Diretrizes básicas de proteção radiológica**. Normas CNEN NN 3.01. Resolução 164/14. Março, 2014

COSTA, A. B.; AZEVEDO, A. E. G. Atividades de Radônio-222 e Rádío-226 em águas subterrâneas de três regiões da Bahia: Camaçari, Ipirá e Caetitê/Lagoa Real (antes do processamento de urânio). **Cadernos de Geociências**, v.9, n.2, p.125-129, 2012.

COSTA, A. C.; PEDROSA, I. L.; MENDES, V. A. **Projeto Agreste de Pernambuco**. Convênio DNPM/CPRM. 1976.

United States Environmental Protection Agency. Law and regulations. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/table-regulated-drinking-water-contaminants#Radionuclides>>. Acesso em: 10 de março de 2016.

FILHO, J. S.; ANDRADE, V. A. **Comentários sobre a avaliação fotogeológica da área do Projeto Venturosa**. NUCLEBRÁS/EFOR.PM. 1988.

FISCHER, D. **History of the International Atomic Energy Agency: the first forty years**. Division of publications of IAEA, 1997.

HÁLA, J.; NAVRATIL, J. D. **Radioactivity, ionizing radiation and nuclear energy**. Berkova: Konvoj, spol. S r. o. (Ltd.), 2003.

HENDRY, J. H.; SIMON, S. L.; WOJCIK, A.; SOHRABI, M.; BUCKART, W.; CARDIS, E.; LAURIER, D.; TIRMARCHE, M.; HAYATA, I. Human exposure to high natural background radiation: what can it teach us about radiation risks? **Journal of Radiological Protection**, v.29, p.A29-A42, 2009.

HOSSEINI, S. A. Naturally occurring radioactivity in the city and across by cities in Iran. **Journal of Applied Sciences**, v.7, n.20, p.3091-3095, 2007.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Exposure of the public from large deposits of mineral residues**. Technical document series n° 1660, Vienna, 2011.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The environmental behavior of radium: revised edition.** Technical report series n° 476, Vienna, 2014.

INKRET, W. C.; MEINHOLD, C. B.; TASCHNER, J. C. Radiation and risk – a hard look at the data. **Los Alamos Science**, n.23, p.116-123, 1995.

KARAM, P. A.; VETTER, B. J. Naturally occurring radioactive materials (NORM) and technologically enhanced naturally occurring radioactive materials (TENORM). **Medical Physics Publishing**, Madison, Wisconsin, 2009.

LAVINE, M. **A cultural history of radiation and radioactivity in the United States, 1895 – 1945.** Madison, WI: University of Wisconsin-Madison, 2008. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (History of Science, Medicine and Technology), University of Wisconsin-Madison, 2008.

MAGALHÃES, C. A. P. **Projeto Venturosa:** Estudos geológicos e radiométricos na folha Venturosa - Área I, Sub-Área F. 1977. 49 p. Relatório de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1977.

MOURA, C. L.; ARTUR, A. C.; BONOTTO, D. M.; GUEDES, S.; MARTINELLI, C. D. Natural radioactivity and radon exhalation rate in Brazilian igneous rocks. **Applied Radiation and Isotopes**, v.69, p.1094-1099, 2011.

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. **Física das radiações.** Oficina de Textos, Cubatão, São Paulo, 2010.

PENTREATH, R. J. Radiological protection criteria for the natural environment. **Radiation Protection Dosimetry**, v.75, n.1-4, p.175-179, 1998.

PEREIRA W. S.; KELECOM, A.; PEREIRA, J. R. S. Analysis of radium isotopes in surface waters nearby a phosphate mining with NORM at Santa Quitéria, Brazil. **Journal of Environmental Protection**, v.5, p.193-199, 2014.

SANTOS JÚNIOR, J. A. **Avaliação radiométrica do U-238, Ra-226, Th-232 e K-40 em uma área anômala do Agreste de Pernambuco.** Recife, PE:UFPE, 2009. Originalmente apresentada como tese de dissertação de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

STANNARD, J. N. **Radioactivity and health. A history.** Pacific Northwest Laboratory, Springfield, Virginia, 1988.

Capítulo 2. Técnicas Aplicadas

Propor soluções técnicas para a gestão dos resíduos sólidos que sejam eficientes, sustentáveis e em consonância aos princípios da economia circular é um dos desafios enfrentados pelos gestores e pesquisadores da área, face à complexidade das questões ambientais *latu senso*. Desta forma, o capítulo se atém a evidenciar técnicas analíticas e *softwares* geoespaciais que poderão ser utilizados pela municipalidade para solucionar ou auxiliar na solução de problemas reais.

2.1 GEOPROCESSAMENTO NA AVALIAÇÃO DE UNIDADES DE TRATAMENTOS DE RESÍDUOS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - PE

MELO, Letícia P. Lagos de

Laboratório de Geotecnologias do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
leticialagosplm@gmail.com

AZEVEDO, Anelise Martins de

Laboratório de Geotecnologias do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
liziemartins@gmail.com

BARBOSA, Ioná M. B. Rameh

Laboratório de Geotecnologias do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
ionarameh@yahoo.com.br

PAZ, Diogo H. Fernandes da

Laboratório de Geotecnologias do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
diogo.heninuepaz@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a localização das unidades de tratamento que realizam o beneficiamento dos resíduos da construção civil. Para tanto, utiliza o geoprocessamento de mapas para localizar áreas adequadas para a implantação de aterros sanitários de resíduos inertes. A área de avaliação limita-se à Região Metropolitana do Recife/PE (RMR). Trata-se de uma avaliação que envolve indicadores ambientais, econômicos e políticos, e, junto a essa análise, identifica o cumprimento com o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos – PMRS da RMR. A classificação das unidades de tratamento foi realizada por meio do mapa temático de aptidão. Os resultados constatarem que dos seis aterros estudados e já implantados, apenas um aterro apresentou localização adequada para instalação.

PALAVRAS-CHAVE: Álgebra de mapas, Construção civil, Sistema de Informação Geografia.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da urbanização verificado nos grandes centros urbanos tem gerado uma grande quantidade de rejeitos, destes encontra-se uma parcela significativa dos resíduos da construção e demolição (RCD), tanto presentes no meio urbano, quanto em vias e logradouros públicos, margens de cursos d'água e áreas de proteção e preservação ambiental. Segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco – SINDUSCON/PE, a Região Metropolitana do Recife (RMR) gera cerca de 24.975 t/dia de resíduos da construção civil (PERNAMBUCO, 2012).

A norma NBR 10.004 divide os resíduos sólidos em duas classes: Classe I (perigosos) e Classe II (não perigosos), sendo a Classe II dividida em resíduos não inertes e inertes. Essa Norma define os resíduos inertes como (ABNT NBR 10004, 2004, p. 5):

“Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G”.

Ou seja, resíduos que não se degradam ou não se decompõem quando dispostos em solo. Apesar dos resíduos inertes oriundos da construção e demolição não ser contaminante, pode vir acompanhado de produtos químicos perigosos, como metais pesados presentes na fabricação de esmaltes e pigmentos de cerâmicas (PINTO, 2010). Além disso, esses rejeitos tornam-se um abrigo propício para micro e macro vetores. O descarte indevido do mesmo compromete uma série de aspectos paisagísticos e urbanísticos devido ao grande volume gerado, além de ocasionar a diminuição do tempo de vida útil do aterro.

Para solucionar esta problemática, algumas empresas realizam o tratamento desses resíduos. Em uma tentativa de contribuir para mitigar riscos a população e ao meio ambiente, avaliaram-se os locais que foram implantados os aterros que deveriam estar de acordo com as normas, pois a seleção de áreas desfavoráveis poderá ter implicações graves em termos de custo de construção, de exploração, de manutenção e de reabilitação após o encerramento, bem como, em longo prazo, em termos de danos ambientais não controláveis (DOMINGUES, 2007, p. 41)

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser utilizado como uma ferramenta capaz de localizar áreas aptas a um determinado objetivo permitindo a análise e interpretação do território. Também pode ser definido como uma ferramenta computacional de consulta, análise, edição de dados e de mapas, sendo capaz de reunir dados que compreende o espaço geográfico, permitindo a identificação, o monitoramento e a análise da informação geográfica. Esse processo simplifica a decisão ao avaliar as soluções de alternativas indicadas, identificando possíveis áreas adequadas de forma rápida, simples, eficaz e com baixo custo (BIJU, 2015).

O SIG funciona juntamente a Análise de multicritério, que após os indicadores terem pesos e notas atribuídos, promove a integração das variáveis, com base em um conjunto de critérios ou elementos que, inter-relacionados, exercem influência sobre o fenômeno estudado. A disposição dessas variáveis é feita em camadas de informações distintas, às quais são atribuídos valores, segundo o grau de pertinência de cada uma delas, bem como de seus componentes de legenda por meio da análise hierárquica de pesos (Simões, 2009).

Assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar a localização das unidades de tratamento que realizam o beneficiamento dos RCD na Região Metropolitana do Recife (RMR), observando a adequabilidade das áreas para implantação de aterros inertes por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

2. REFERENCIALTEÓRICO

Uma das dissertações baseadas que segue a mesma linha de pesquisa foi a Domingos (2007). Ele utilizou o Sistema de Informação Geográfica – SIG para gerar um mapa indicativo de classificação para instalação de aterros sanitários na Região Metropolitana de Fortaleza – CE.

Com os indicadores de declividade, hidrografia, hidrogeologia, distância de núcleo urbano, áreas de preservação, vias de acesso, entre outros, o estudo mostrou como é complexa a escolha do local para um aterro e como são limitadas as áreas disponíveis para essa função (DOMINGOS, 2007, p. 41).

“De uma forma geral, é pouco provável que exista uma “área perfeita” que satisfaça simultaneamente e no mais elevado grau a todos os requisitos para a implantação de um aterro sanitário. Normalmente o que se observa são áreas inaceitáveis e áreas aceitáveis. Entre as áreas aceitáveis, há os locais potencialmente mais adequados, que são caracterizados por aspectos mais favoráveis que outros. Todas as áreas viáveis e possíveis são diferentes, com vantagens e inconvenientes, o que geralmente torna a análise comparativa uma matéria de julgamento”.

Outra pesquisa seria a de Neto et al. (2014) que foca a atenção na difícil escolha de áreas de locação de aterros no município de São Lourenço da Mata/PE. A proposta tinha como método seguir os aspectos físicos, econômicos e ambientais levando em consideração as legislações federais, estaduais e municipais, sendo a análise acompanhada por ortofotografias e imagens de satélites. O mapa final permitiu visualizar as restrições para a área proposta, adquirindo juntamente um plano de gestão urbanística para tal necessidade.

Além das já citadas muitos indicadores utilizados na pesquisa para determinação de áreas aptas a construção de aterros foram baseadas em critérios estabelecidos em normas técnicas (CONAMA nº 307/02 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/10) utilizadas também na dissertação de Biju (2015). Ela através do Sistema de Informação Geográfica (SIG), apoiado pela análise e decisão por multicritérios, identificar possíveis áreas adequadas à implantação de aterros de RCD na Região Metropolitana de Curitiba - PR, tendo como indicadores tipos de solos, geologia, declividade, distância de centros urbanos, dos recursos hídricos, das áreas protegidas e uso e ocupação do solo.

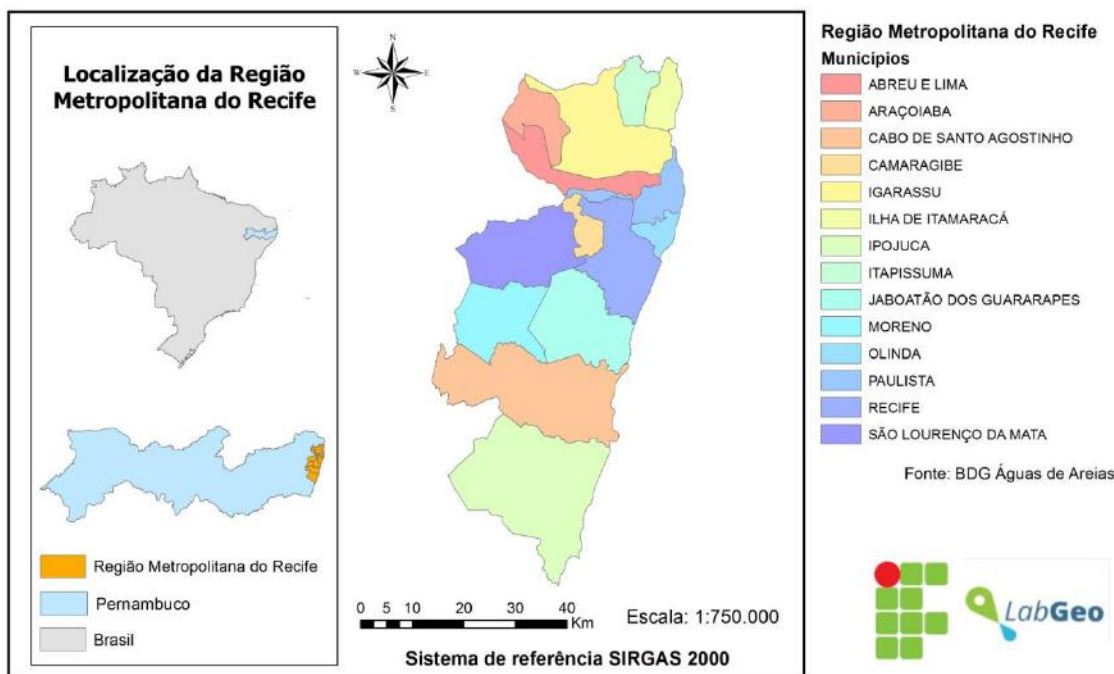
3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa abrange a Região Metropolitana do Recife, que possui uma área aproximada de 2.770 km² e composta por 14 municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata. A RMR possui uma população de 3.940.456 habitantes (IBGE, 2016), sendo a maior aglomeração urbana do Nordeste, a quinta do Brasil e representa 53,4% da população de Pernambuco. A maior concentração populacional está no município do Recife, que representa 42% da população da RMR, seguido por Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe, Olinda e Paulista (QUEIROZ E QUEIROZ, 2008, p. 8).

O diagnóstico realizado no Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos (PMRS) apresenta os aspectos socioeconômicos de todos os 14 municípios da RMR. O PMRS tem como princípio a gestão consorciada e regionalizada dos resíduos sólidos. Os municípios compartilham de forma integrada as unidades de destino final, em um cenário de configuração consorciada com três aterros sanitários, agrupados e atendendo os municípios da seguinte forma: Agrupamento 1 – Norte Metropolitano (Abreu e Lima, Araçoiaba, Igarassu, Itamaracá, Itapissuma, Olinda, Paulista e 1/3 do Recife); Agrupamento 2 – Oeste Metropolitano (Camaragibe, Moreno, São Lourenço da Mata e 1/3 do Recife); Agrupamento 3 – Sul Metropolitano (Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca, Jaboatão dos Guararapes e 1/3 do Recife). Atualmente, a RMR não atende ao PMRS, pois os aterros sanitários existentes não abrangem todos os municípios.

Figura 1. Localização da Região Metropolitana do Recife



Entre diversas empresas de destinação final de resíduos, foram avaliadas apenas as empresas que realizam o tratamento dos resíduos inertes oriundos da construção civil, sendo elas:

3.1.1 CTR Conlurb

A CTR Conlurb é um centro de tratamento de resíduos sólidos da construção civil, localizada na BR 232 em Jaboatão dos Guararapes. A concessionária tem capacidade de processar 3.600 toneladas por dia através da britagem e separação, ou seja, o foco da empresa é reintroduzir o resíduo de volta ao mercado, de forma que garanta a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade econômica do setor. A Empresa é licenciada pelos órgãos reguladores e ambientais.

3.1.2 Ciclo Ambiental

A Ciclo Ambiental é uma empresa pernambucana de tratamento de resíduos da construção civil, localizada em Camaragibe, com capacidade de processar 900 toneladas por dia. Equipada com tecnologia de ponta, a Central de Tratamento “Hugo Vilela” é a primeira unidade do Estado de Pernambuco a tratar, através de britagem e separações balísticas, os RCD atendendo a Resolução Conama 307. Tem como proposta o tratamento dos resíduos de modo que garanta a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade econômica do setor.

3.1.3 Stericycle

A empresa Stericycle disponibiliza o serviço de tratamento de diversos resíduos a mais de 15 anos. Tem como objetivo oferecer soluções de transporte, tratamento e destinação final aos resíduos hospitalares, industriais e comerciais, ajudando os clientes a cumprir os compromissos proporcionando serviços e soluções, protegendo pessoas e promovendo saúde e proteção ambiental.

3.1.4 CTR Candeias

A Central de Tratamento de Resíduos - CTR Candeias é um empreendimento do Grupo Ecopesa Ambiental S/A, criado para realizar tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, sendo licenciado pelo Órgão Ambiental do Estado de Pernambuco – CPRH. Localizado no município do Jaboatão dos Guararapes – PE, foi o primeiro aterro privado do estado, estando em funcionamento desde 2007, ofertando uma alternativa segura, eficiente e ambientalmente correta.

O aterro tem capacidade volumétrica de 10,56 milhões de toneladas de resíduos e atende a todos os requisitos técnicos e ambientais aplicáveis para a disposição final de resíduos urbanos e industriais não perigosos, enquadrados nas Classes IIA e IIB, conforme a NBR 10.004/2004, sob o critério de proteção ambiental. Devido ao caráter inovador apresentado, vem atraindo investimentos no setor industrial, contribuindo para o conjunto de tecnologias integradas de diferentes métodos e equipamentos utilizados pela Empresa. As melhorias das técnicas de engenharia sanitária e ambiental disponíveis contribuem no gerenciamento de diversos tipos de resíduos e também com os produtos gerados dessa atividade, tendo o devido cuidado com a geração do biogás e a coleta e encaminhamento do chorume para seu tratamento na unidade de tratamento de efluentes.

3.1.5 CTR PE

A Central de Tratamento de Resíduos de Pernambuco – CTR PE é uma empresa privada sob uma completa e segura plataforma de tratamento e destinação final de resíduos sólidos industriais classe I e classe IIA (não inertes) e IIB (inertes). Tem como objetivo contribuir a PE para a melhoria da qualidade de vida atual, gerenciando a disposição final dos resíduos gerados por ela, visando um equilíbrio sustentável para a próxima geração. Instalada em uma área de 106 hectares, é composta por

células cuja sua capacidade é de 8.700.000m³, que garante uma vida útil de aproximadamente 20 anos, além de contar com o sistema de drenagem de efluentes e a sua estação de tratamento – ETE.

3.1.6 UTR Paulista

UTR Paulista é uma Unidade de Tratamento de Resíduos da construção civil, sendo parte integrante da Política de Gestão de Resíduos, responsável pelo beneficiamento de 100% de toda parcela mineral entregue nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV). Tem como objetivo fornecer soluções adequadas e definitivas de tratamento de resíduos, utilizando as melhores e mais recentes tecnologias do mercado, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Tem como serviço destinar os resíduos da classe IIB (matérias de construção, escavação e demolição) realizando o transporte, coleta, reciclagem e a venda de brita e areia reciclada.

3.2. Mapa de Classes de Aptidão

Para avaliar a localização das seis unidades que recebem os resíduos da construção e demolição na área em estudo foi necessário determinar as classes de aptidão em função de alguns indicadores.

3.2.1 Seleção de Indicadores

Além de normas, a pesquisa foi baseada em publicações de artigos, dissertações e teses de mestradados, que tinha como foco avaliar ou identificar áreas aptas para instalação de aterros de resíduos utilizando a ferramenta de geoprocessamento. Com as informações adequadas e moldadas à norma de implantação de aterros de resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes foram definidas as áreas adequadas à implantação. A norma que apoia a seleção de indicadores é a NBR 15.113/2004, que trata dos critérios para a definição de áreas aptas para a construção de aterros de RCD. Esta Norma visa à gestão e o manejo correto dos resíduos da construção civil e define os requisitos mínimos para a localização, construção e futura operação do aterro, a fim de decidir um local seguro, que não traga riscos à população, ao ambiente e aos seus recursos.

Os indicadores foram escolhidos de acordo com a preocupação com os aspectos construtivos, econômicos, operacionais, ambientais e sociais, sendo utilizados devido à sua importância para a implantação de um aterro. Foram considerados os critérios de distância de recursos hídricos, das unidades de conservação, dos núcleos urbanos e das rodovias e estradas, a declividade, os tipos de solo e a geologia da região, os quais são descritos a seguir.

a) Recursos Hídricos

A disposição inapropriada de resíduos em cursos d'água pode comprometer o sistema hidrográfico e de drenagem, causando assoreamento, acarretando transbordamento e enfermidades de veiculação hídrica, gerando prejuízo à população e comprometendo a saúde pública. A consideração da distância dos cursos d'água foi baseada no Código Florestal (Lei nº 12.651/12), utilizando uma Faixa de Margem de Proteção (FMP) média de 400 metros. Biju (2015) adotou esta distância como sendo uma faixa segura para os recursos hídricos em estudos que visem à indicação de áreas aptas a construção de aterros.

b) Unidades de Conservação

Nas áreas protegidas por lei foi estabelecida uma zona de amortecimento de 100 metros, que serve para diminuir os impactos que possam ser gerados próximos às áreas de preservação. Neste caso, quanto maior a distância das unidades de conservação, maior a aptidão da área.

c) Núcleos Urbanos

Devido ao possível contato da população que vive no entorno do aterro com os resíduos, quanto maior a distância dos centros urbanos, mais apta estará a área, evitando contato com odores, ruídos e disseminação de doenças e possíveis vetores encontrados no local. Nesse caso, utilizou-se uma distância média de 1.000 metros, conforme utilizado por Lino (2007).

d) Rodovias e Estradas

Devido à presença constante de veículos e transportes de resíduos, aumenta os riscos de acidentes e a presença de animais nas vias. Para evitar maiores deslocamentos consideraram-se áreas de fácil acesso a rodovias. Sendo estabelecida uma faixa de restritamente de 200 metros da margem e a partir de 200 até 1000 metros é considerada como uma área apta e acima de 1000 metros com área de média aptidão.

e) Declividade

As baixas declividades favorecem as operações de movimentação de resíduos e solos oferece também condições menos críticas para o sistema de drenagem, enquanto a alta declividade torna o material inconsolidado, tornando-o instável e propenso a infiltrações. Por isso, considerou-se a declividade ideal do local superior a 10% e inferior a 20%.

f) Tipos de solos

Os solos foram escalonados de acordo com a fragilidade, sendo aptos os argilosos e pouco aptos os gleissolos. A necessidade do material argiloso é devido à impermeabilidade do solo, evitando a percolação de efluentes gerados pelo aterro, diferente do material arenoso, que é pouco impermeável e estável (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação de fragilidade

Classificação de fragilidade	Tipos de solo
Muito baixo	Argiloso Amarelo; Espodossolocárbico.
Baixo	Latossolo Amarelo; Neossoloflúvico; Hidromórfico.
Médio	Nitossolo.
Forte	Argiloso Vermelho-Amarelo.
Muito Forte	NeossolosLitólicos; NeossolosQuartzarênicos e Gleissolos.

g) Geologia

Ainda que a geologia tenha uma vasta diversidade, na RMR encontram-se apenas rochas metamórficas e sedimentares. As rochas metamórficas correspondem a aproximadamente 47,25% da área de estudo, localizada na porção oeste do mapa, formada em sua maior parte, por materiais facilmente alteráveis. O solo proveniente da alteração destas rochas é normalmente fino, predominando minerais argilosos que favorecem o desenvolvimento de solos mais impermeáveis e

mais homogêneos e, portanto, menos suscetíveis a processos erosivos acelerados. Já a porção leste do mapa trata-se por rochas sedimentares, e corresponde cerca de 52,75% da área. Nelas são identificadas composição de silte e argila, secundariamente, areia e seixos angulosos. Apresenta solos com grande quantidade de matéria orgânica. No aspecto geotécnico, constituem-se solos de baixa resistência, saturados em água e propícios à inundação (Quadro 2).

Quadro 2. Resistência mecânica das rochas

Tipos de Rochas	Resistência Mecânica
Metamórficas (cristalina)	Boa à satisfatória
Sedimentares	Satisfatória a pobre

Os arquivos utilizados nesta pesquisa foram provenientes de diversos órgãos. Os mapas de recursos hídricos foram obtidos através do IBGE, 2010; o de tipos de solos por meio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011); o de rodovias e estradas por intermédio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2002); o de declividade pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008), de acordo com classificação da Embrapa; o referente aos núcleos urbanos pelo Mapa Cultural Georeferenciados (ITEP, 2006), o de unidades de conservação foi obtido por meio do SIG Caburé mantido pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH, 2014), e o mapa de Geologia também foi obtido junto a CPRM. Todos os arquivos foram organizados em um Banco de Dados Geográficos (BDG), e utilizou-se o ArcGIS 10.4 como ferramenta de processamento, adotando-se o SIRGAS2000/ UTM como sistema de referência espacial.

3.3. Avaliação da Localização das Unidades que Recebem RCD na RMR

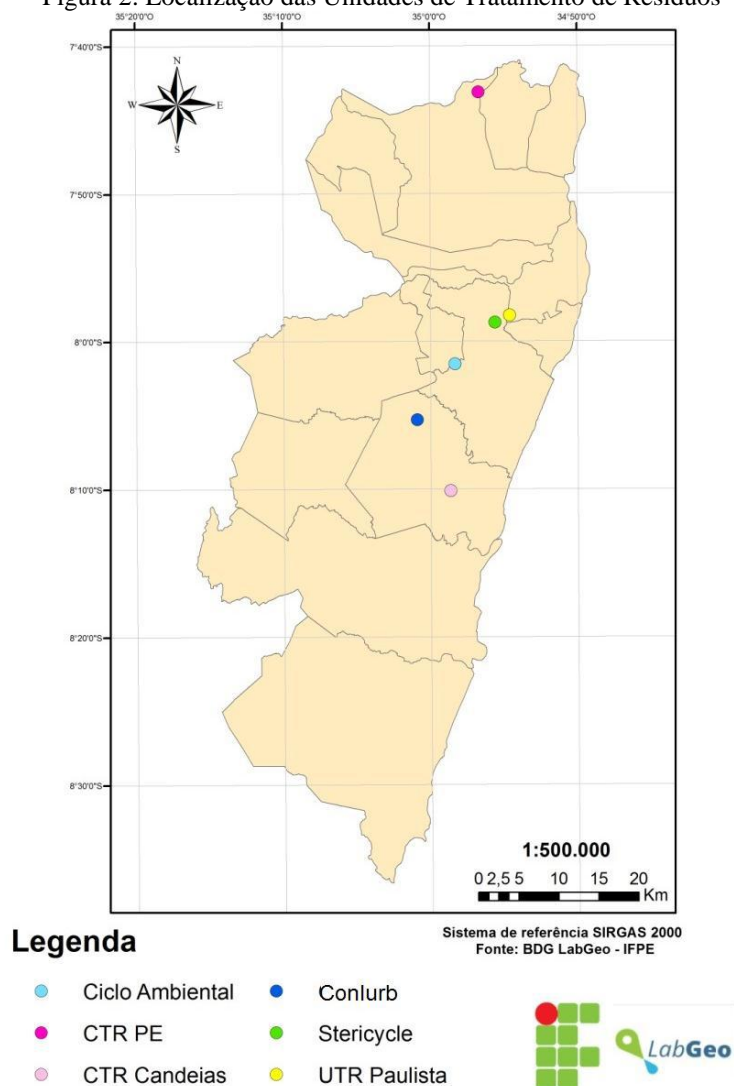
Para avaliar se as seis unidades que tratam os RCD da RMR, foram construídas dentro de áreas consideradas aptas pelo estudo, buscou-se a localização das mesmas através das suas coordenadas. Para auxiliar o estudo, buscou-se extrair das imagens do Google Earth o contorno (polígono) referente à área de cada um desses empreendimentos tomando por base as respectivas coordenadas (Quadro 3). Com os polígonos sobre o mapa de aptidão foram avaliados em qual classificação encontravam-se.

Na RMR os RCD são destinados a dois aterros sanitários (CTR Candeias e CTR – PE) e quatro empresas (Ciclo Ambiental, Conlurb, Stericycle e UTR Paulista), responsáveis pelo tratamento dos mesmos.

Quadro 3. Coordenada das Unidades de Tratamento de Resíduos

Longitude	Latitude	Municípios	Nome das unidades
282604	9112346	Camaragibe	Ciclo Ambiental
286316	9153085	Igarassu	CTR – PE
282130	9097508	Jaboatão dos Guararapes	CTR Candeias
277938	9105336		Conlurb
289464	9118391	Paulista	UTR Paulista
287633	9117515	Recife	Stericycle

Figura 2. Localização das Unidades de Tratamento de Resíduos



3.4. Classificação e Atribuição de Índices de Aptidão

O método escolhido foi o de Fator Ponderado, os fatores de seleção são substituídos por valores numéricos de acordo com uma escala comum de classificação. Após a ponderação de todos os fatores, os resultados são combinados numa operação de multiplicação, de forma a atribuir uma classificação numérica a cada classe. Quanto mais elevada for sua classificação, mais favorável a área se torna (Domingues, 2007).

Os mapas foram reclassificados segundo um processo de atribuição de valor para a realização do cálculo da álgebra de mapas. Esses valores ponderados geraram o mapa de aptidão, cujo valor atribuído para cada indicador variava de 1 a 5, sendo 1 para baixa aptidão e 5 para maior aptidão. Já o valor 0 foi usado para indicar inaptidão, ou seja, quando a área estudada por motivos restritivos (por exemplo, área de unidade de conservação) não deve entrar no cálculo da álgebra de mapas.

Os usos para recursos hídricos, núcleo urbano, unidades de conservação e rodovias e estradas foram reclassificadas atribuindo notas de aptidão por critérios de distância. A declividade, geologia e

os tipos de solos foram reclassificados atribuindo nota de aptidão devido critério de importância ambiental, restrição à legislação e contexto urbano e rural. Demonstrados no Quadro 4.

Quadro 4. Reclassificação dos valores dos critérios

Indicadores	Distâncias / Critérios	Valor da Reclassificação	
Declividade	Plano	0 a 3%	3
	Suave ondulado	3 a 8%	4
	Ondulado	8 a 20%	5
	Forte ondulado	20 a 45%	2
	Montanhoso	45 a 75%	1
	Escarpado	> 75%	0
Geologia	Satisfatória e pobre		3
	Boa e satisfatória		5
Recursos hídricos	Buffer do rio	400m	0
	Área da RMR		5
Núcleo urbano	Buffer urbano	1000m	0
	Área da RMR		5
Rodovias e estradas	Buffer área e rodovia	200m	0
	Buffer área apta	1000m	5
	Área da RMR		3
Tipos de solo	Muito baixo		5
	Baixo		4
	Médio		3
	Forte		2
	Muito forte		1
Unidades de conservação	Buffer da UC	100m	0
	Área da RMR		5

3.5. Álgebra de Mapas e Elaboração de Mapa Temático

Com os valores definidos, adotou-se a metodologia de análise multicritério que gera uma equação que multiplica todos os indicadores e pesos atribuídos a cada um deles. A equação 1 foi adaptada de Neto (2011), devido aos diferentes indicadores do projeto.

$$\text{Map} = \text{RH} * \text{UC} * \text{NU} * \text{D} * \text{S} * \text{G} * \text{ReE} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: MAP - Mapa de aptidão; RH – Recursos Hídricos; UC – Unidades de Conservação; NU – Núcleo Urbano; D – Declividade; S – Tipos de Solos; G – Geologia; ReE – Rodovias e Estradas.

Pode-se então efetuar uma combinação dos indicadores em único mapa, que tem como resultado o mapa temático de aptidão. O intervalo variou de 0 a 12.500, sendo dividido em intervalos idênticos a partir do 375, onde de 0 a 375 é considerado área restrita.

4. RESULTADOS EDISCUSSÃO

Após a sobreposição dos polígonos dos aterros sobre o mapa de aptidão obtido, efetuou-se a análise em qual classificação cada polígono se encontrava. As classificações são dadas como área com baixa, média e alta aptidão e área restrita. O Quadro 5 mostra as classificações obtidas.

Quadro 5. Classificação das áreas das Unidades de Tratamento de Resíduos

Unidade de tratamento	Classificação
Ciclo Ambiental	Área restrita
CTR – PE	Área de média aptidão
CTR Candeias	Área restrita
Conlurb	Área restrita
UTR Paulista	Área restrita
Stericycle	Área restrita

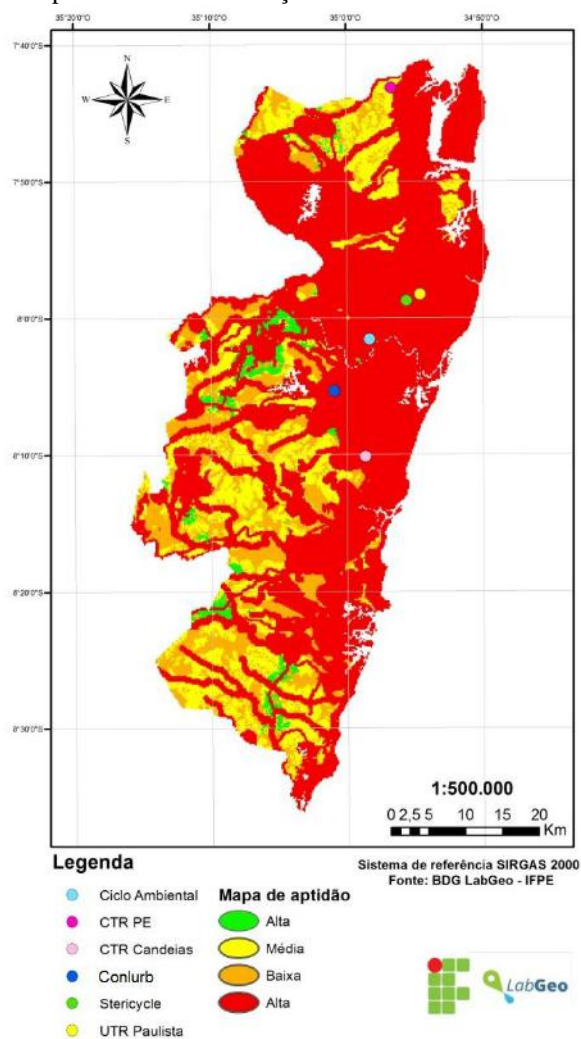
A avaliação do mapa temático de aptidão foi realizada juntamente à análise pelo Google Earth. As características das áreas de disposição estão no Quadro 6.

Quadro 6. Descrição das áreas das Unidades de Tratamento de Resíduos

Unidades de Tratamentos de Resíduos	Descrição da área
Ciclo ambiental	Está localizada próxima a rodovias, sobre área urbana e solo com forte fragilidade.
CTR Pernambuco	Encontra-se em uma boa localização, contém uma boa distância do núcleo urbano e um bom acesso, porém está próxima de rios e da Área de Preservação Ambiental de Santa Cruz.
CTR Candeias	Está localizado longe da margem da rodovia e tem um bom acesso, porém está próximo de cursos d'água e sobre a mancha urbana
Conlurb	Apesar de seu ótimo acesso, sua localização encontra-se sobre a mancha urbana, próxima a rodovias e área de preservação e proteção, além de um solo de forte fragilidade.
UTR Paulista	Contém um bom acesso e distância da rodovia, no entanto, encontra-se em uma área urbana.
Stericycle	Localiza-se próxima a unidade sustentável da Aldeia Beberibe e como as outras em uma área próxima ao núcleo urbano.

Como descrito acima, cinco das empresas apresentam problemas restritivos de localização, principalmente devido à proximidade aos núcleos urbanos, devido também ao seu crescimento constante.

Figura 3. Mapa de aptidão com a localização das Unidades de Tratamento de Resíduos



O resultado da álgebra de mapa gerou um resultado em percentual de áreas aptas na RMR, que é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentagem de áreas aptas disposição de aterro de inertes

Aptidão	Quantidade de pixels	Valor em porcentagem
Alta	2149	3,34%
Média	9055	14,05%
Baixa	9103	14,12%
Restrita	44130	68,49%
Total:	64437	100%

Como visto na Tabela 1, a área restrita ocupa 68,49% da região estudada enquanto a área de alta aptidão apenas 3,34%, isto é consequência do crescimento urbano que tem reduzido o número de áreas adequadas em termos ambientais e econômicos para a instalação das unidades de tratamento de resíduos, gerando também um aumento na geração de RCD, sendo necessário repensar medidas para reduzir sua geração, mitigando os impactos causados ao longo do tempo. “[...] as áreas vetadas, assim indicadas por serem locais onde não se pode construir equipamentos de grande impacto de acordo com leis e normas.” (Domingos, 2007, p. 41).

De acordo com os parâmetros exigidos pela resolução 307/02 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o aterro sanitário mais apto seria o CTR – PE (Central de Tratamento de Resíduos – Pernambuco). Sua instalação foi realizada em 2014 e é certificada pelo ISO 14.001/2004. Recebe os resíduos gerados pelos municípios de Olinda, Paulista, Abreu e Lima, Araçoiaba, Igarassu, Itamaracá, Itapissuma, e Goiana, além de clientes da iniciativa privada.

5. CONCLUSÕES

Devido à má distribuição e escolha dos locais, conclui-se que, em comparação ao mapa temático, os aterros estão localizados em áreas pouco aptas e mesmo que estes estivessem fora da área de restrição, as unidades não atende todos os municípios do agrupamento definido pelo Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos, devendo assim existir um maior rigor técnico para a escolha do local e sua implantação, evitando maiores prejuízos à população e ao meio ambiente. Desta forma, os resíduos da construção civil passam a ser visto como algo preocupante. Apesar da implantação do serviço de coleta ter crescido, ainda é algo pouco distribuído, acessível e divulgado, tornando-se assim um problema urbano. A solução para isso ainda está no tratamento, maximização de seu reaproveitamento, reciclagem e no investimento de empresas que realizem esse serviço.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira - **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro. 2004.
- NETO, A.P.J.; BORBOREMA, A.C.B.A.; MARANHÃO, V.C. **Gestão urbanística x planejamento sustentável: Um estudo de locação de aterro sanitário em São Lourenço da Mata/PE**. In: Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEONORDESTE 2014.
- DOMINGOS, C.S. **Geoprocessamento na escolha de sistemas ambientais para aterros sanitários na Região Metropolitana de Fortaleza – CE**. Dissertação do curso do mestrado em geografia da Universidade Estadual do Ceará, 2007.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, 5 de julho de 2002**. Brasília, 2001.
- BIJU, B.P. **Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção civil**. Dissertação (Pós-graduação em engenharia civil) – Universidade Tecnológica Federal no Paraná. 2015.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa populacional**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=261160>>. Acesso em 26 Abr. 2017.
- LINO I. C. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos**. Dissertação de mestrado do curso de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas de São Paulo. 2007.

NETO J. T. O. **Determinação de áreas favoráveis a implantação de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos para o município de Piumhi-MG.** Curso de Geoprocessamento do Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais. 2011.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos.** Governo do Estado de Pernambuco. 2012.

PINTO I. C. **Monitoramento das águas subterrâneas do aterro de resíduos da construção civil e inertes, no bairro jd. Wenzel, em rio claro – SP.** Monografia do curso de engenharia ambiental no Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp. São Paulo, 2010.

QUEIROZ E QUEIROZ. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Região Metropolitana e Prognóstico.** Governo do Estado de Pernambuco. 2008.

SIMÕES C. A. **Estudo da rede de gerenciamento de pequenos volumes de resíduos da construção civil em belo horizonte: uma análise espacial com o apoio do geoprocessamento.** Dissertação do curso de mestrado de geografia do Instituto Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. 2009.

2.2 DESENVOLVIMENTO DE UM SIG PARA LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS ADEQUADAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE – PE

PAZ, Diogo Henrique Fernandes da
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
diogo.henriquepaz@gmail.com

SOBRAL, Maria do Carmo Martins
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
msobral@ufpe.br

RESUMO

A partir da promulgação da Lei Federal nº 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tornou-se necessário e urgente o fechamento de todos os lixões e aterros controlados dos municípios e a instalação de aterros sanitários. A seleção criteriosa de área para implantação de aterro sanitário é crucial para a manutenção da qualidade ambiental de uma região, uma vez que não se pode escapar da necessidade desses empreendimentos no contexto atual. Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para identificação de áreas aptas para instalação de aterros sanitários na Região Metropolitana do Recife. Para isso, foram considerados os seguintes parâmetros: distância de recursos hídricos, distância de áreas urbanas, distância de vias de acesso, tipos de solo, declividade e proximidade de lixões. Realizou-se operações vetoriais para superposição dos critérios e identificação das áreas mais adequadas para instalação dos aterros sanitários. Foi proposta a ampliação do aterro sanitário de Igarassu, e a instalação de um novo aterro sanitário nos municípios de São Lourenço da Mata e Jaboatão dos Guararapes. Conclui-se que o uso das ferramentas de geoprocessamento foi essencial para definição das melhores áreas para instalação de novos aterros sanitários.

PALAVRAS-CHAVE: SIG, Aterros Sanitários, Resíduos Sólidos Urbanos.

1. INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários, apesar da forte oposição social e riscos ambientais, têm sido uma alternativa ambiental e economicamente viável para a gestão dos resíduos sólidos urbanos - RSU em todo o mundo, pelo fato de minimizar os impactos ambientais e socioeconômicos (CABRAL, 2012). Levy e Cabeças (2006) apontam que, dentro do leque de soluções para o tratamento dos RSU possíveis, o aterro sanitário atualmente é e sempre será uma componente essencial do sistema de Gestão Integrada, seja no fim do processo, como complemento indispensável de outros processos de tratamento de RSU, quer como solução única de tratamento.

De acordo com Sperb et al. (2010), a seleção criteriosa de área para implantação de aterro sanitário é crucial para a manutenção da qualidade ambiental de uma região, uma vez que não se pode escapar da necessidade desses empreendimentos no contexto atual. Tal seleção criteriosa significa considerar aspectos que podem influenciar negativa ou positivamente a manutenção da qualidade dos ambientes das áreas disponíveis para instalação de aterros sanitários.

Como ferramenta de auxílio ao estudo destes critérios, surge o geoprocessamento e suas abrangências, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O SIG é um sistema computacional para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos. Este sistema possibilita o gerenciamento de bancos de dados geográficos de forma mais rápida e versátil, através do relacionamento de informações e imagens (CINTRA e BARRETO, 1997).

Diversos pesquisadores vêm utilizando as ferramentas de SIG para localização de áreas aptas para instalação de aterros sanitários. Samizava et al. (2008) realizaram um estudo de localização de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários em Presidente Prudente/SP, através da criação de um banco de dados geográficos com dados de geomorfologia, solos, hidrogeologia e informações socioeconômicas, os quais foram utilizados no processo de Análise Espacial Multicritério. Nascimento (2012) propôs áreas para instalação de aterros sanitários no município de Bauru/SP, por meio de técnicas de Geoprocessamento e SIG, utilizando Análise Multicritério de Decisão para as dimensões ambientais, econômicas e sociais, com ponderações distintas, e a Análise Hierárquica de Processos – AHP. Neste sentido, a pesquisa tem como objetivo desenvolver um SIG para identificação de áreas aptas para instalação de aterros sanitários na Região Metropolitana do Recife.

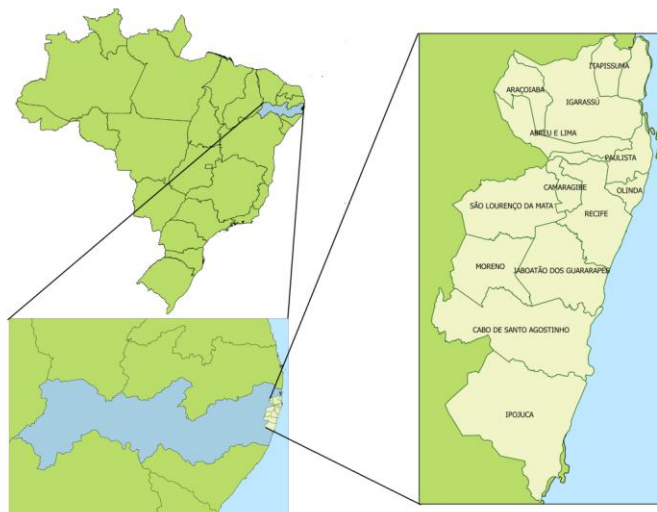
2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

Situada em uma área de 2.768 km², a RMR abrange 14 municípios (Figura 1), possuindo uma população de 3.658.318 habitantes (IBGE/2007). É a maior aglomeração urbana do Nordeste, a quinta maior do Brasil, representando 53,4% da população urbana de Pernambuco, com uma densidade demográfica de 1.321,43 habitantes/km². A grande concentração populacional está no município do Recife, que representa 42% da RMR, existindo uma grande conurbação urbana entre Recife, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe, Olinda e Paulista (PERNAMBUCO, 2010).

A RMR está entre as nove primeiras regiões metropolitanas instituídas no Brasil (criada pela Lei Complementar Federal nº 14/73 de 08 de junho de 1973¹). Composta Inicialmente por 9 municípios, ampliou-se para abranger os atuais 14 municípios ao longo de três décadas, em alguns casos devido à expansão territorial, e ainda pela desagregação de municípios, compondo os municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ipojuca, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Recife, Paulista e São Lourenço da Mata, que representa 49,7% da área total da RMR (PERNAMBUCO, 2010).

Figura 1. Localização da Região Metropolitana do Recife.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

Na RMR são coletados aproximadamente 144.583 toneladas/mês de resíduos de origem doméstica/comercial e pública, correspondendo, aproximadamente, a 4.819 toneladas por dia (PMRS, 2011). Ainda segundo o documento, a maioria dos municípios da Região Metropolitana destina seus resíduos em lixões ou aterros controlados, como os municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Camaragibe, Ipojuca, Itapissuma, Itamaracá, e São Lourenço da Mata. Em todos os lixões percebe-se a presença de significativo número de catadores.

De acordo com dados do Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco - PERS (PERNAMBUCO, 2012), a RMR possui apenas dois aterros sanitários: Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Candeias, e a CTR Pernambuco, localizados em Jaboatão dos Guararapes e Igarassu, respectivamente.

A CTR PE recebe atualmente os resíduos advindos da coleta do próprio município de Igarassu e de Olinda, e o segundo dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Paulista e Cabo de Santo Agostinho, além dos grandes geradores privados. Recentemente, o município de Itapissuma iniciou a disposição de parte de seus resíduos no aterro sanitário localizado em Igarassu. Este conjunto de municípios alcança um volume de disposição diário de 31,3% dos resíduos coletados na RMR.

¹ A Lei Complementar nº 14, de 8 de junho de 1973, estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. Na RMR, abrangia os municípios de Recife, Cabo de Santo Agostinho, Igarassu, Itamaracá, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata.

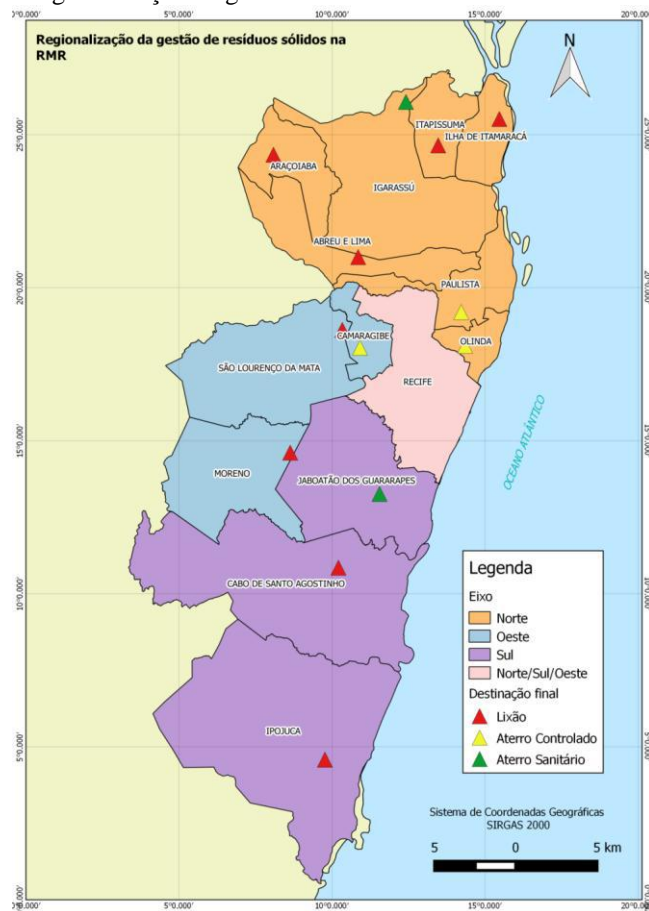
2.2 Definição dos Aterros Sanitários Implantados

A identificação da necessidade de instalação de aterros sanitários na RMR foi baseada no que foi estabelecido pelo PERS (PERNAMBUCO, 2012). Este documento apresenta o diagnóstico da gestão de resíduos sólidos no estado, e propõe alternativas de destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos, que abrange o fechamento de todos os lixões e aterros controlados e instalação de aterros sanitários por todo o estado, cumprindo o estabelecido pela PNRS.

Buscou-se nesta pesquisa apresentar alternativas de regionalização da gestão de resíduos. De acordo com o PERS, para a proposta de regionalização do Estado, foram definidos critérios técnicos e aspectos legais, priorizando as possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros municípios, considerado, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais.

Como solução para a destinação final de resíduos na RMR, o PERS propõe a ampliação da CTR Candeias e CTR Pernambuco aterros já existentes – bem como a implantação de um novo aterro em São Lourenço da Mata, servindo ao oeste metropolitano (FULGÊNCIO, 2015), conforme apresenta a Figura 2. A Figura 2 e a Tabela 1 apresentam a proposta dos eixos de regionalização dos resíduos na RMR e os atuais aterros da região.

Figura 2. Regionalização da gestão de resíduo sólidos na RMR e seus aterros.



Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 1. Proposta de regionalização dos resíduos na RMR.

Região	Município	Geração de RSU (t/dia)	Geração total no aterro (t/dia)	Aterro
Sul	Jaboatão dos Guararapes	741,70	2.066,83	CTR Candeias (Ampliação)
	Cabo de Santo Agostinho	404,10		
	Ipojuca	96,63		
	Recife (1/3)	824,40		
Oeste	Moreno	35,73	1.095,20	Aterro em São Lourenço da Mata (Implantação)
	Camaraçibe	140,30		
	São Lourenço da Mata	94,77		
	Recife (1/3)	824,40		
Norte	Igarassú	81,57	1.789,73	CTR Pernambuco (Ampliação)
	Olinda	365,53		
	Itamaracá	41,07		
	Abreu e Lima	107,73		
	Araçoiaba	10,53		
	Paulista	342,37		
	Itapissuma	16,53		
Recife (1/3)	824,40			

Fonte: PERS (2012)

2.3 Desenvolvimento do SIG

Para selecionar as áreas potenciais de implantação de aterro sanitário, foram estabelecidos critérios de restrição baseados na NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) e outros autores, como apresenta a Tabela 2. Esta norma fixa as condições mínimas exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e populações vizinhas.

A definição dos critérios levou em consideração tanto aspectos de ordem socioeconômica quanto física dos terrenos. Os aspectos físicos considerados dizem respeito ao tipo de solo e a declividade da área. De uma forma geral, solos com boa profundidade e pouca permeabilidade são os mais adequados para implantação de aterros sanitários. Inclinação inferior a 30% também é outro critério técnico para implantação desses empreendimentos (ABNT, 1997).

Para unir todos os critérios e identificar a melhor área, foi desenvolvido um projeto em Sistema de Informações Geográficas, através do *software* livre QGIS 2.8. O primeiro passo para o desenvolvimento do SIG é a criação do banco de dados geográficos. Para isso, primeiramente foi realizado um levantamento no Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SINISA) e o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), que envolveu a identificação da destinação final de cada município da RMR e dados de geração e coleta dos RSU.

Após criação do banco de dados, realizou-se as operações vetoriais, criando-se as áreas de *buffer* de cada critério utilizado. Por fim, realizou-se uma operação de superposição de camadas, a fim de somar as áreas de *buffer*, e gerar uma camada com as áreas que atenderam a todos os parâmetros técnicos e legais de implantação de aterros sanitários.

As áreas selecionadas foram avaliadas a partir do uso de imagens de satélite. Foi utilizado o banco de dados do QGIS, através do *Open Layers Plugin*.

Verificou-se nessas áreas a presença de vegetação, de terrenos particulares ou outras questões que poderiam impossibilitar a escolha do local para implantação do aterro sanitário, os quais foram chamados de critérios de escolha.

Tabela 2. Critérios de restrição de áreas.

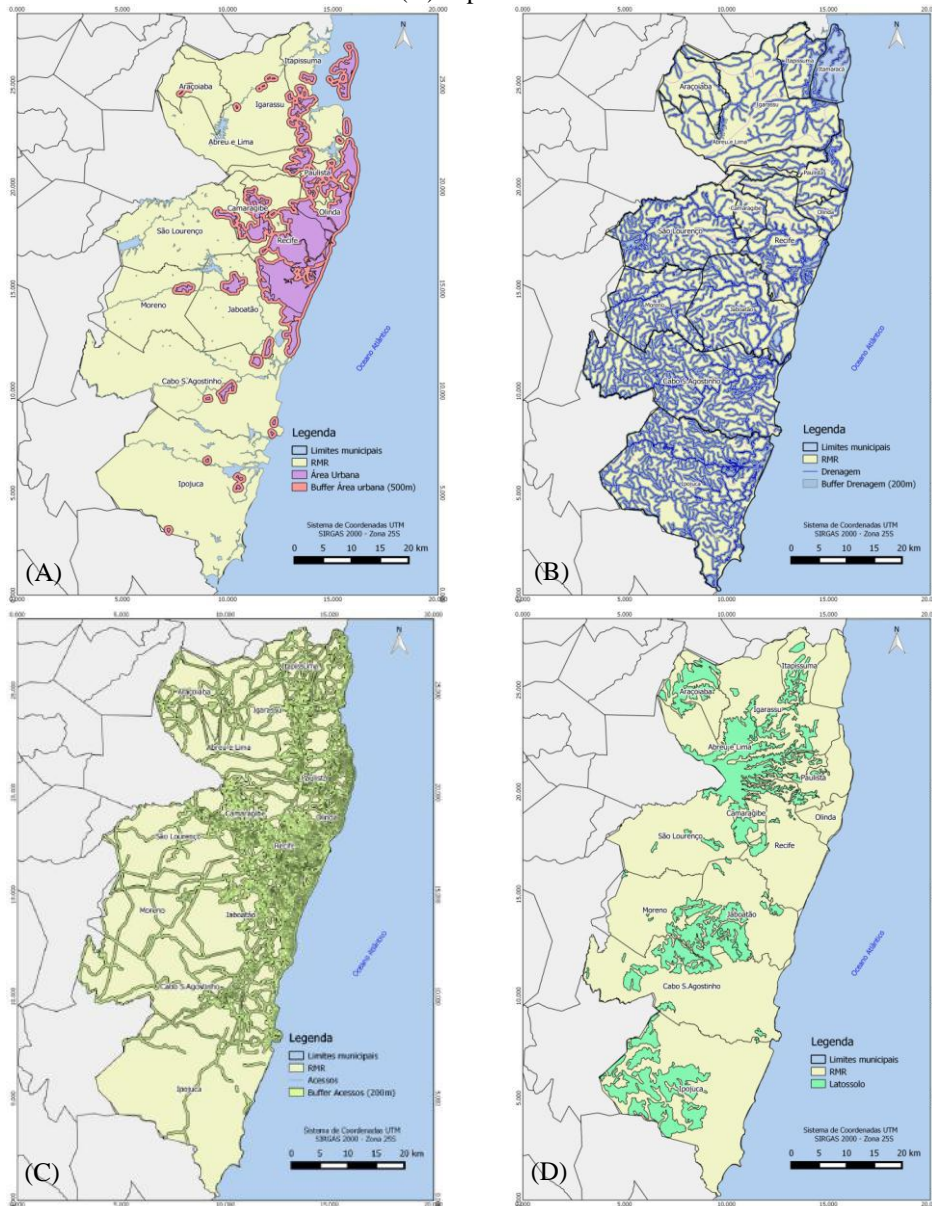
Descrição	Parâmetro	Descrição
Proximidade de cursos d'água	Distância mínima de 200 m	“Deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água” (ABNT, 1997).
Tipo de solo	Solos Argilosos	“Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneo de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s” (ABNT, 1997).
Proximidade de núcleos populacionais	500 m	“Deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais, recomendando-se que esta distância seja superior a 500 m” (ABNT, 1997).
Proximidade de vias	200 m	“Fator de evidente importância em um projeto de aterro, uma vez que são utilizados durante toda a sua operação” (ABNT, 1997).
Declividade	Inferior a 30%	“Recomendam-se locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%” (ABNT, 1997).
Proximidade de lixões e aterros controlados	Distância máxima de 500m	“Em muitas situações, a prefeitura já dispõe de áreas que deseja avaliar ou mesmo de algum terreno que vem sendo utilizado como lixão, podendo-se desta forma reduzir custos com desapropriação e atrasos na implantação do aterro (LANGE, 2003)”.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

3. RESULTADOS

A análise geoespacial realizada no QGIS permitiu identificar áreas adequadas para implantação de aterros sanitários na RMR, de acordo com os critérios de exclusão e inclusão de áreas definidos. A Figura 3 apresenta o resultado da análise considerando os critérios de distância das áreas urbanas, corpos hídricos, acesso e tipo de solo.

Figura 3. Mapeamento das áreas aptas para recebimento de aterro sanitário na RMR considerando os seguintes parâmetros: (A) Distância de áreas urbanas; (B) Distância de corpos hídricos; (C) Distância de vias de acesso; (D) Tipo de solo.

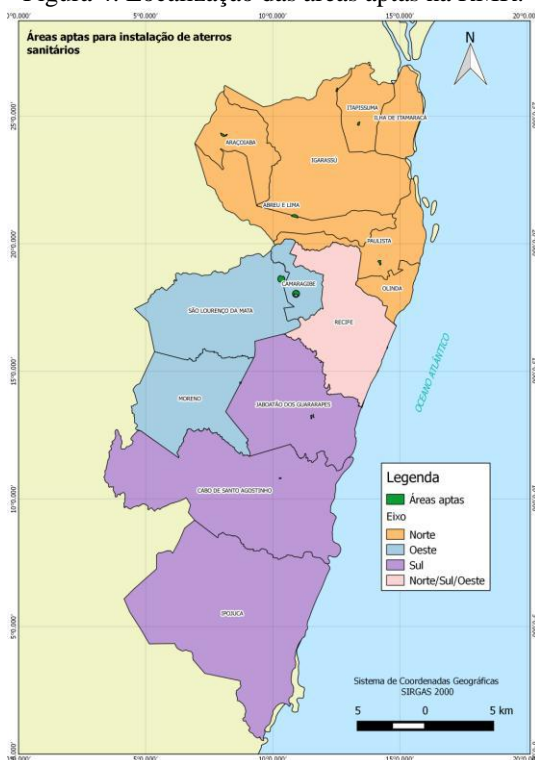


Fonte: Elaborado pelos autores

Através de operações de superposição de camadas, somou-se os quatro critérios para obtenção das áreas que se adequam a estes parâmetros. Com as áreas definidas, acrescentou-se o critério de distância máxima dos lixões e aterros controlados da região, bem como a declividade do terreno.

A Figura 4 apresenta a localização das áreas aptas para implantação de aterros sanitários na RMR, após superposição das camadas.

Figura 4. Localização das áreas aptas na RMR.

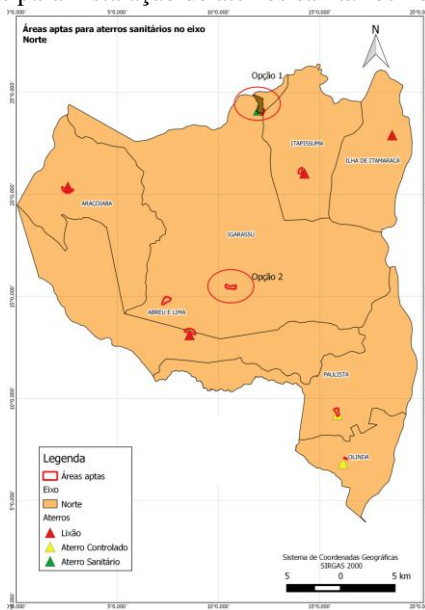


Fonte: Elaborado pelos autores

A partir da definição das áreas aptas para instalação de aterros sanitários na RMR, partiu-se para a delimitação da área mais adequada, nos eixos Norte, Oeste e Sul.

A Figura 5 apresenta as opções definidas para o eixo norte, que abrange os municípios de Itamaracá, Itapissuma, Igarassu, Araçoiaba, Abreu e Lima, Paulista e Olinda. Foram propostas duas opções de áreas para instalação do aterro sanitário, ambas em Igarassu.

Figura 5. Áreas aptas para instalação de aterros sanitários no eixo Norte da RMR.



Fonte: Elaborado pelos autores

A Opção 1 do eixo norte refere-se a ampliação do aterro sanitário já existente em Igarassu, conforme o que estabelece o PERS (Figura 6). Propõe-se a ampliação em duas áreas, uma com 8,2 ha e uma com 10,2 ha, totalizando um aumento de 24,4 ha de área para o aterro sanitário, que já conta hoje com 78,9 ha de área.

Figura 6. Proposta de aumento de área para o aterro sanitário em Igarassu – Opção 1



Fonte: Elaborado pelos autores

Devido à limitação da ampliação do aterro já existente, foi proposta uma área para instalação de um novo aterro sanitário na mesma cidade, com área de 30 ha, conforme apresenta a Figura 7. A área escolhida não se encontra próxima a um lixão inativo, pois todas as áreas disponíveis próximas aos lixões possuem cobertura vegetal densa, o que poderia ocasionar uma série de impactos ambientais.

Figura 7. Proposta de novo aterro sanitário para o eixo norte, em Igarassu – Opção 2.

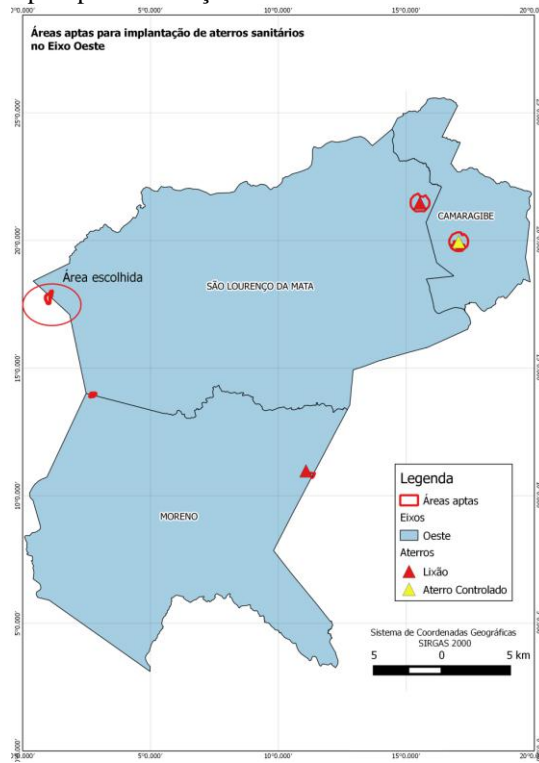


Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 8 apresenta as áreas aptas para instalação de aterros sanitários no eixo Oeste na RMR. Foram obtidas poucas áreas aptas nessa região, próximas ao lixão/aterro controlado de cada município, pelo fato de que no entorno dos aterros são encontradas coberturas vegetais e/ou áreas urbanas, o que dificulta a implantação de um aterro sanitário.

Neste sentido, foi proposta uma área entre os municípios de São Lourenço da Mata (Previsto no Plano estadual), e o município de Vitória de Santo Antão (que não pertence à RMR). Não foi possível delimitar área mais próxima, pois o município de São Lourenço da Mata possui, em sua maior parte, áreas de Mata Atlântica. A área escolhida localiza-se próximo à BR-232, e possui uma área total de 16,3 ha, suficiente para receber os resíduos gerados pelos municípios de São Lourenço da Mata, Moreno, Camaragibe e 1/3 de Recife.

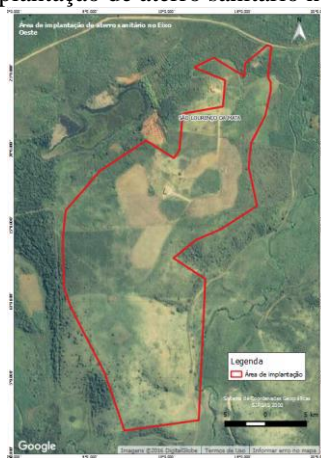
Figura 8. Áreas aptas para instalação de aterros sanitários no eixo Oeste da RMR.



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 9 apresenta a delimitação da área de implantação do aterro sanitário no eixo Oeste. Verifica-se que é uma área desmatada, com acesso e sem área urbana próxima.

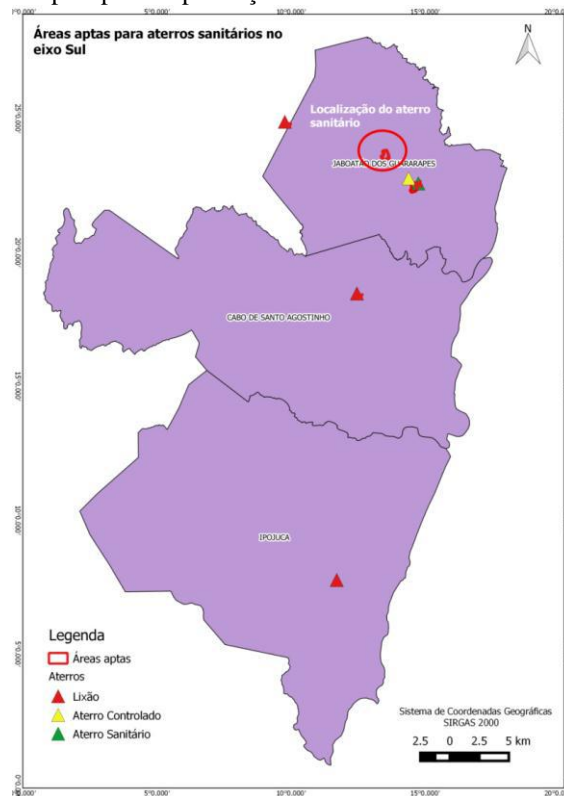
Figura 9. Área de implantação de aterro sanitário no eixo Oeste da RMR.



Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação ao eixo sul, não foram identificadas áreas aptas no município de Ipojuca, e uma pequena área no município do Cabo de Santo Agostinho. A Figura 10 apresenta as áreas aptas para instalação de aterros sanitários no eixo sul. Segundo a proposta do Plano Estadual, a destinação final nesta região deve ser o aterro já existente no município de Jaboatão dos Guararapes, com área total de 54,2 ha, devendo ser ampliado. Porém, como pode ser observado na Figura 11 o atual aterro se encontra ao lado do antigo aterro controlado da Muribeca, de modo que devido a expansão urbana e a cobertura vegetal do entorno, não restam áreas disponíveis para ampliação do aterro.

Figura 10. Áreas aptas para implantação de aterros sanitários no eixo sul da RMR.



Fonte: Elaborado pelos autores

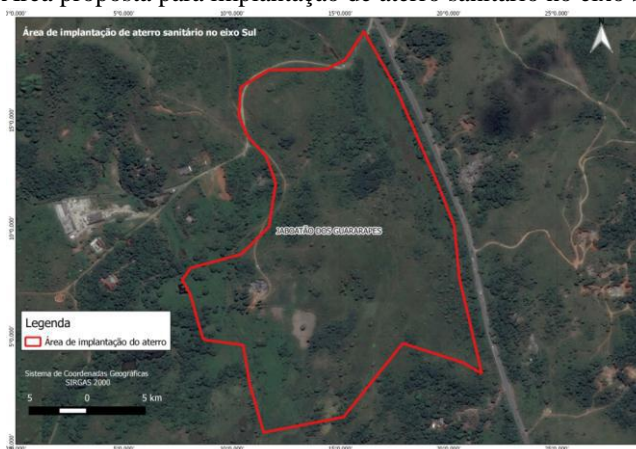
Figura 11. Localização do atual aterro sanitário do eixo sul e o aterro controlado da Muribeca.



Fonte: Elaborado pelos autores

Ao fim da vida útil do atual aterro, propõe-se, portanto, a instalação de um novo aterro sanitário a 5 km do atual, em área com pouca habitação e vegetação, e de fácil acesso, com área total de 35 ha, conforme apresenta a Figura 12.

Figura 12. Área proposta para implantação de aterro sanitário no eixo Sul da RMR.



Fonte: Elaborado pelos autores

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se o uso das ferramentas de geoprocessamento foram essenciais para definição das melhores áreas para instalação de novos aterros sanitários, e avaliar a localização dos lixões e outros aterros já existentes. Nesse sentido, o geoprocessamento auxilia no cumprimento do que estabelece a Lei Federal nº 12.305/2010, e o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco (PERS) em relação ao fechamento de todos os lixões e aterros controlados do município.

As áreas escolhidas para a implantação dos aterros sanitários devem ser avaliadas *in loco*, pois deve-se analisar outros critérios, como o relevo. Propõe-se para pesquisas futuras considerar outros critérios e parâmetros, como os critérios socioeconômicos, de disponibilidade de terra, conservação das vias de acesso, disponibilidade de serviços de energia, telefonia, internet e água encanada, que não são abordados com o uso de geoprocessamento. Deve-se considerar também a direção dos ventos, devido ao mau odor que advém dos aterros sanitários, e que pode afetar alguma comunidade próxima.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- CABRAL, A.V. Análise multicritério em sistemas de informação Geográfica para a localização de aterros sanitários: O caso da região Sul da Ilha de Santiago, Cabo Verde. 2012. 113 p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2012.
- CINTRA, I.S.; BARRETO, A.A. Aplicação de SIG no gerenciamento de resíduos sólidos: Localização de área para aterro sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, Foz do Iguaçu, SC, 1997. *Anais...*Foz do Iguaçu, 1997.

FULGÊNCIO, V.A. **Gestão metropolitana e autonomia municipal**: O caso da Região Metropolitana do Recife. 2015. 141 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

LANGE, L.C.;SIMÕES, G. F.; FERREIRA, C. F. A. Capítulo 5 – Aterro Sustentável: Um Estudo para a Cidade de Catas Altas, MG. In:**Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Castilhos Jr., A.B. (Coordenador). Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003, 280p.

LEVY, J.D.; CABEÇAS, A.J. **Resíduos Sólidos Urbanos**: Princípios e processos. Lisboa: Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente. 2006.

NASCIMENTO, V.F. **Proposta para indicação de áreas para a implantação de aterro sanitário no município de Bauru/SP, utilizando análise multi critério de decisão e técnicas de Geoprocessamento**. 2012. 203 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2012.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Governo do Estado de Pernambuco, Recife, 2012.

SAMIZAVA, T.M.; KAIDA, R.H.; IMAI, N.N.; NUNES, J.O.R. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente/SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.60, v.1, 2008.

SPERB, R.C.; SPERB, R.M.; BUGHU, C.H.; DE SOUZA, L.V.M.P. Utilização de *software* livre para análise geoespacial – estudo de caso: seleção de área para instalação de aterro sanitário. **Geosul**, v.25, n.49, 2010.

2.3 INDICAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS APTAS À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO DE RCD NA RMR UTILIZANDO SIG

AZEVEDO, Anelise Martins de

Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
liziemartins@gmail.com

MELO, Letícia P. Lagos de

Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
leticialagospm@gmail.com

BARBOSA, Ioná M. B. Rameh

Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
ionarameh@yahoo.com.br

PAZ, Diogo H. Fernandes da

Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco (Labgeo/IFPE)
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

RESUMO

O processo de seleção de áreas destinadas à implantação de aterro de resíduo de construção e demolição é complexo, pois envolve múltiplos critérios legais e exige a coleta e tratamento de informações que estão relacionadas aos aspectos ambientais, socioeconômicos e operacionais do local, podendo tornar o processo longo e oneroso. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma metodologia para avaliação de áreas para implantação de aterros destes resíduos na Região Metropolitana do Recife, utilizando ferramentas de Sistema de Informações Geográficas para otimizar o processo. Para avaliar a região, foram definidos indicadores, com base nos critérios legais, e com auxílio da análise multicritério foram atribuídos índices de aptidão para os indicadores, permitindo sua ponderação para elaboração de um mapa de aptidão de áreas. Os métodos adotados permitem atribuir índices de aptidão às áreas do estudo, gerando um mapa para indicar a propensão de locais para implantação de um aterro, além disso, a aplicação para qualquer região, desde que haja disponibilidade das informações e dados.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Sistema de Informações Geográficas, Gestão Integrada.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e econômico brasileiro durante os últimos anos proporcionou um aumento de investimentos em obras de infraestrutura, intensificando o processo de urbanização nos grandes centros e sua expansão para áreas periféricas. Esse processo causa um crescimento considerável na geração de resíduos de construção civil, podendo causar impactos ambientais e danos à saúde humana quando as atividades do setor não são realizadas com planejamento adequado e em conformidade à legislação vigente (FREITAS, 2009).

A disposição dos resíduos sólidos nos países em desenvolvimento, como o Brasil, é geralmente feita em aterros, técnica mais adequada para a disposição dos resíduos. Em 2008, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresentou a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, que revelou uma tendência de melhora na destinação final de lixo coletado no País em relação às pesquisas anteriores, já que 49% de todo resíduo coletado eram destinados aos aterros sanitários ou controlados, embora os outros 50% dos resíduos eram destinados a vazadouros a céu aberto (IBGE, 2008).

Na prática, os rejeitos nem sempre têm como destino um local apropriado. Em 2008, a Região Nordeste apresentou a maior proporção de lixo destinado a locais inadequados: 89,3% (IBGE, 2008). Algo que não é incomum em cidades em expansão, principalmente com os resíduos de construção e demolição (RCD), que são descartados em locais irregulares e sem nenhum tratamento, quando parte desses resíduos tem a possibilidade de reuso ou reciclagem, diminuindo assim o volume de rejeitos.

A gestão inadequada pode gerar impactos negativos a população e ao meio ambiente. Um aterro fora dos critérios técnicos pode afetar a população com odores, vetores, impactos à saúde, a vegetação e a vida animal. Podem-se acrescentar problemas de ordem econômica como custo para corrigir e revitalizar áreas afetadas e a desvalorização de imóveis próximo ao local.

A escolha da área para instalação de aterros é trabalhosa, pois envolve múltiplos critérios e sua avaliação demanda tempo dos gestores e responsáveis envolvidos, como também se torna um processo oneroso. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) surge como uma ferramenta de processamento de informações espaciais que permite organizar e integrar os diversos dados e compreender suas relações.

Um critério primordial para a gestão de um aterro é definir a localização adequada para sua implantação segundo critérios técnicos, socioambientais e econômicos. Para a escolha do local é de suma importância a adoção de uma metodologia capaz de integrar todos os critérios de acordo com as características da região, visto que a alocação de aterros em locais adequados pode minimizar os impactos negativos (MOREIRA et al., 2008). Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa é indicar possíveis áreas aptas à disposição de resíduos em aterros de inertes na Região Metropolitana do Recife (RMR) – Pernambuco.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma série de pesquisas e trabalhos publicados sobre aptidão de áreas para receber resíduos utiliza ferramentas de geoprocessamento, entre os quais artigos científicos, monografias e teses de mestrado que, por meio de cruzamento de informações espaciais em ambiente SIG, definem áreas propícias à instalação de um aterro de resíduos sólidos ou resíduos inertes.

A pesquisa de Gregório et al. (2013) avaliou áreas para a instalação de aterros sanitários no

município de Barreiras, Bahia. Os procedimentos metodológicos adotados pelo autor foram baseados na manipulação de informações técnicas, ambientais e socioeconômicas no ambiente SIG. No trabalho foram adotados os critérios de restrição com base em trabalhos anteriores, portarias do Ministério do Meio Ambiente e viabilidade econômica. Os critérios de declividade, distância de áreas de drenagem, distância de estradas, distância do perímetro urbano e distância de unidades de conservação foram usados na elaboração de mapas para sobreposição e assim determinação de possíveis áreas aptas a implantação do aterro.

Metodologia semelhante foi utilizada por Lourenço et al. (2015) para seleção de áreas aptas a implantação de aterros consorciados utilizando SIG. A área de estudo foi a Região Metropolitana de Sorocaba, composta por 22 municípios do estado de São Paulo. A pesquisa adotou critérios, sobretudo de ordem legal e ambiental – como distância de corpos hídricos, distância da mancha urbana, Áreas de Segurança Aeroportuárias (ASA), distância de rodovias, declividade, pedologia, uso do solo e litologia – para compor a base cartográfica. Cada mapa recebeu notas de 0 a 10, de acordo com a restrição ou aptidão da área, para então serem ponderados a fim de obter o mapa final das áreas selecionadas. O autor ainda utilizou o tamanho total da área selecionada como forma de hierarquizar cada local propício a implantação do aterro.

Além dos estudos citados, a definição da metodologia utilizada nesta pesquisa foi baseada principalmente na dissertação de Biju (2015), que buscou indicar possíveis áreas aptas à implantação de aterros de resíduos de construção civil no núcleo central urbano da Região Metropolitana de Curitiba utilizando SIG apoiado pela análise multicritérios.

Essa pesquisa trouxe uma importante contribuição para trabalhos posteriores, pois para definir os critérios, o autor não apenas baseou-se na legislação, mas consultou especialistas para hierarquizar os critérios escolhidos. Assim, os critérios adotados por ordem de maior importância foram: distância de recursos hídricos, distância de estradas, solos, vegetação, geotecnia, distância de centros urbanos, uso e ocupação do solo e declividade. Para elaboração do mapa de aptidão, cada mapa de critério foi padronizado para assim ser possível obter o mapa final, objeto do trabalho.

2.1 Resíduos de Construção e Demolição e Aterros de Inertes

A resolução nº 307/2002 do CONAMA define RCD como

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeira e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (CONAMA, 2012)

Na mesma Resolução do Conama pode-se encontrar a classificação para os RCD, a qual os identifica em quatro classes de resíduos, que devem ter tratamentos distintos, conforme mostra o Quadro 1. A Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004 (CONAMA, 2004), e a Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011 (CONAMA, 2011), modificaram a classificação dada pela Resolução nº 307, inserindo o amianto como material perigoso (classe D) e mudando a classificação do gesso, de classe C para a classe B, respectivamente.

Quadro 1. Classificação dos RCD de acordo com a Conama nº 307/2002.

Classificação	Definição
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos, etc), argamassas e concretos; c) de processos de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzido nos canteiros de obras.
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.
D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos que contenham amianto e outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Conama (2002).

Os resíduos inertes podem ser dispostos em aterros sanitários ou reciclados. Outros itens como madeira não contaminada, isopor, borracha, lata de alumínio e vidro também pertencem à mesma classificação. Estes não poluem porque quando em contato com a água ou o solo não liberam substâncias que possam prejudicar o meio ambiente. A classificação bem definida ajuda a manipular e separar os resíduos, facilitando também a elaboração da melhor solução para cada obra, a fim de reduzir custos, evitar desperdícios e colaborar para mitigar os impactos ambientais e sociais causados pelas obras de infraestrutura. Para aterro de inertes a Resolução Conama nº 448/2012 apresenta, em seu Art.2ª a seguinte definição:

[...] é a área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregado de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confina-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente e devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente (CONAMA, 2012).

De acordo com a NBR 15.113/2004 (ABNT, 2004) os seguintes aspectos operacionais deverão ser observados nos aterros de inertes:

- a) Somente devem ser recebidos no aterro os resíduos da construção civil e os resíduos inertes;
- b) Os resíduos aceitos devem ser previamente triados, na fonte geradora, em áreas de transbordo e triagem ou em área de triagem estabelecida no próprio aterro, de modo que nele sejam dispostos apenas os resíduos de construção civil classe A ou resíduos inertes;
- c) Os resíduos devem ser dispostos em camadas sobrepostas e não será permitido o despejo pela

linha de topo. Em áreas de reservação a disposição de resíduos deve ser feita de forma segregada, de modo a viabilizar a reutilização ou reciclagem futura; devem ser segregados os solos, os resíduos de concreto e alvenaria, os resíduos de pavimentos viários asfálticos e os resíduos inertes;

- d) Deve ser mantido na instalação, até o fim da vida útil e no período de pós-fechamento, um registro da descrição e quantidade de cada resíduo recebido e a data de disposição, incluídos os Controle de Transporte de Resíduos (CTR); no caso de reservação de resíduos, indicação do setor onde o resíduo foi disposto; descrição, quantidade e destinação dos resíduos rejeitados; descrição, quantidade e destinação dos resíduos reaproveitados; registro das análises efetuadas nos resíduos; registro das análises efetuadas nos resíduos; registro das inspeções realizadas e dos incidentes ocorridos e respectivas datas; dados referentes ao monitoramento das águas superficiais e subterrâneas. O registro deve ser mantido em caso de alteração da titularidade da área ou empreendimento e para eventual apresentação do relatório.

A seleção de áreas para implantação de um aterro é complexa e exige o planejamento do uso da terra, assim como de informações relacionadas aos aspectos ambientais, socioeconômicos e operacionais do local (GENELLETI, 2010). Nesse contexto, surge a Análise Multicritério, amplamente adotada na literatura para apoio a tomada de decisão baseado em critérios escolhidos previamente e, no caso desta pesquisa, os critérios adotados foram critérios de informações espaciais, por isso, tratados com apoio de um Sistema de Informação Geográfica.

2.2 Análise Multicritério e SIG

Para que a seleção de áreas seja feita de forma holística, essa pesquisa fez uso da Análise Multicritério, que é um recurso de apoio à tomada de decisão onde, na análise de uma situação complexa, podem-se considerar ao mesmo tempo diversos critérios. O método apoia o processo decisório, embasado nas informações existentes, incorporando valores dos agentes, na busca da melhor solução (CAMPOS, 2011).

A utilização da Análise Multicritério permite que o agente da decisão opte por diferentes caminhos, atribuindo pesos diferentes aos critérios da pesquisa. Como benefícios desta metodologia, Oliveira (2003) cita o fácil uso por não especialistas, preferencialmente quando transformada em um programa de computador de interface amigável, por ser um método lógico e transparente, prover liberdade de ambiguidade para interpretações dos dados de entrada, englobar critérios quantitativos e qualitativos e incorporar questões do comportamento humano nos processos de decisão.

Para essa pesquisa, na determinação de áreas aptas a implantação de aterros de inertes, adotou-se diversos critérios como uso e ocupação do solo, tipo de solo, distância dos recursos hídricos, topografia, áreas protegidas por lei, distância dos centros urbanos e distâncias das principais rodovias. Esses critérios foram incorporados ao estudo na forma de planos de informação que sobrepostos, com a utilização do software SIG, de acordo com a metodologia adotada, indicaram as possíveis áreas aptas à implantação de aterros na região estudada.

Um software de SIG pode ser definido como um conjunto integrado de programas de computador que realizam funções de armazenamento, processamento e visualização. É um programa computacional construído para oferecer um ambiente controlado para a coleta, gerenciamento, análise, visualização e interpretação da informação geográfica (LONGLEY et al., 2013). O SIG é uma ferramenta que aumenta a eficiência do tratamento de informações. Para Longley et al. (2013), os tipos

de estudos que podem ser realizados e os resultados obtidos estão relacionados com o software empregado no projeto, havendo ainda implicações na produtividade do usuário e custos do projeto. A decisão sobre áreas para implantação de aterro de RCD é complexa e envolve diversas variáveis com correlação espacial (LOURENÇO, 2015), o que destaca o potencial do SIG para avaliação nesse tipo de pesquisa.

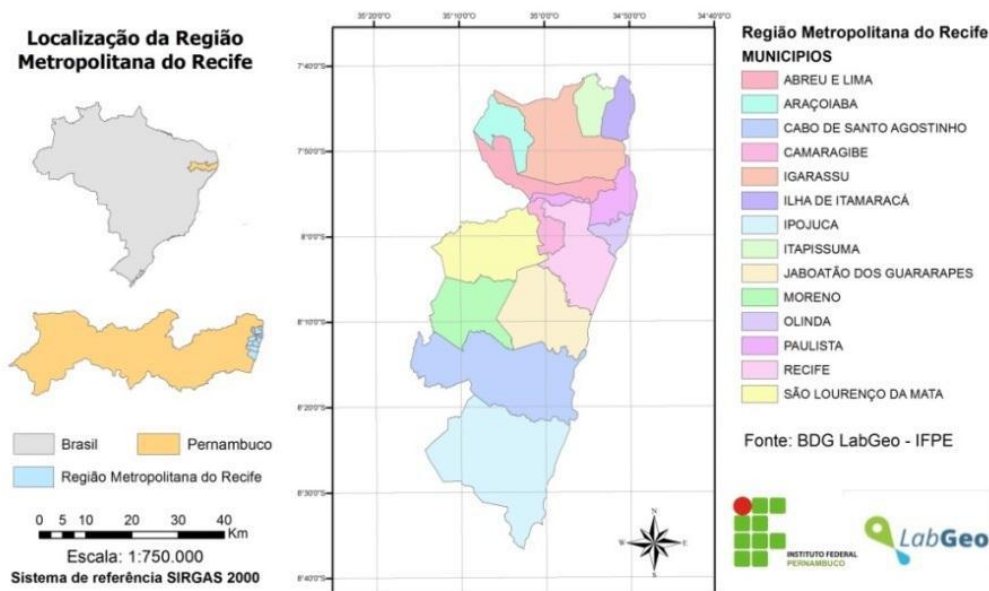
3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A Região Metropolitana do Recife (RMR) está situada no estado de Pernambuco, que fica na costa do Nordeste brasileiro. A RMR foi institucionalizada pela Lei Federal nº 14 de 1973 (BRASIL, 1973), possui 2.768 km² de área e é formada por 14 municípios, são eles: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife, e São Lourenço da Mata (Figura 1).

A RMR é a maior aglomeração urbana do Nordeste e a quinta maior entre as RM do Brasil. São 3.690.485 habitantes, cerca de 42% da população de Pernambuco. O município mais populoso é a capital pernambucana, Recife, que concentra 41% dos habitantes da RMR, seguido por Jaboatão dos Guararapes (644.620), Olinda (377.779) e Paulista (300.466) (IBGE, 2010). Um dos fatores que contribuem para a geração de resíduos é a taxa de urbanização. No Censo de 2010, a RMR apresentou uma taxa de 97,3%, destacando a necessidade de uma gestão adequada para resíduos sólidos.

Figura 1. Localização da RMR e seus municípios.



Fonte: Os autores (2017)

3.2 Seleção de Indicadores

A NBR nº 15.113/04 (ABNT, 2004) define os critérios mínimos que devem ser observados para avaliação do local usado para implantação de um aterro, são estes: geologia e tipos de solos existentes;

hidrologia; passivo ambiental; vegetação; vias de acesso; área de volume disponível e vida útil; e distância de núcleos populacionais. Os indicadores definidos para a pesquisa foram adotados com base nos critérios elencados na NBR n° 15.113/04 (ABNT, 2004) e nos trabalhos citados anteriormente, sobretudo Biju (2015). Abaixo estão relacionados os indicadores que compõe a matriz de dados para a discriminação das possíveis áreas aptas a receber um aterro de RCD. Vale ressaltar que esses são os mais recorrentes em pesquisas na área.

a) Declividade – Áreas de declividade pouco acentuadas favorecem a operação de aterros por serem mais estáveis e facilitarem a movimentação tanto de solos quanto de resíduos. Em geral, em áreas com declividades menores que 2% podem conter alagadiços com baixo escoamento, o que facilita infiltrações; já em áreas com declividade superior a 20%, o material torna-se instável e susceptível a infiltrações e erosão (MOREIRA, 2008). Para a pesquisa, foi adotada a classificação da Embrapa para relevo (Quadro 2) e de acordo com literatura adotada. A área apta à instalação de um aterro deve estar entre 3% e 20% de declividade.

Quadro 2. Classificação de Relevo Embrapa

Classe de Declividade	Relevo
0 – 3%	Plano
3 – 8%	Suave Ondulado
8 – 20%	Ondulado
20 – 45%	Forte Ondulado
45 – 75%	Montanhoso
> 75%	Escarpado

Fonte: adaptado Embrapa (1979)

b) Distância de centros urbanos – Para evitar problemas com odores, vetores e outros impactos sociais, ambientais e econômicos, o local adequado não deve estar próximo a aglomerações urbanas. Os valores variam na literatura consultada, porém a NBR 10.157/87 — Aterros de resíduos perigosos, critérios para projeto, construção e operação (ABNT, 1987) — recomenda no mínimo 500 metros de distância.

c) Distância de recursos hídricos – É recomendada a distância mínima de 200 metros dos corpos d’água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceanos – Portaria MINTER n° 124 (BRASIL, 1980).

d) Distância de rodovias – As estradas de acesso deverão apresentar boas condições para o acesso dos veículos. É importante que o local escolhido não se encontre distante de estradas e rodovias, o que pode elevar o custo com deslocamento, assim como a proximidade excessiva pode gerar impactos visuais e odores transmitidos pelos resíduos (GREGÓRIO et al., 2013).

e) Distância de unidades de conservação – É vedada a construção dentro do perímetro de unidades de conservação (UC), porém algumas pesquisas divergem quanto à proximidade. A Lei 9.985/00 (BRASIL, 2000) estabelece zonas de amortecimentos (ZA) em unidades de conservação e define uma ZA como o “entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade”.

f) Tipos de Solo e Geologia – É desejável que o solo do terreno selecionado tenha impermeabilidade natural, devendo ter características argilosas, evitando a possibilidade de contaminação do aquífero. Segundo a NBR 10.157/87 (ABNT, 1987), esses indicadores são importantes na determinação da

capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração. Para a geologia, a definição de índices de aptidão será de acordo com a resistência mecânica (Quadro 3).

Quadro 3. Resistência mecânica das rochas.

Tipos de rocha	Resistência mecânica
Ígneas	Boa
Metamórficas	Boa à satisfatória
Sedimentares	Satisfatória a pobre

Fonte: Biju (2015).

Em relação ao tipo de solo, os índices serão definidos a partir da classificação de fragilidade e erodibilidade dos solos (Quadro 4).

Quadro 4. Classes de fragilidade de acordo com os tipos de solo, classificados conforme Embrapa.

Classes de fragilidade	Classes de solo
Muito baixa	Latossolo Vermelho Distroférrico, Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo textura argilosa.
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-Amarelo textura média/argilosa.
Média	Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolo, Argissolo Vermelho-amarelo, textura média/argilosa.
Forte	Argissolo Vermelho-Amarelo, textura média/arenosa, Cambissolos.
Muito Forte	Argissolo cascalhentos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartazênicos.

Fonte: Embrapa (2006).

3.3 Obtenção da Base Cartográfica e Padronização dos Mapas

Todos os mapas utilizados como indicadores estão disponível no Banco de Dados Geográficos, BDG, do Laboratório de Geotecnologias e Meio Ambiente do Instituto Federal de Pernambuco (LabGeo) fruto da pesquisa “Desenvolvimento de um banco de dados geográficos relacionado aos resíduos da construção e demolição (RCD) para a Região Metropolitana do Recife” vinculada ao projeto “Desenvolvimento de um sistema web para controle da gestão municipal de resíduos sólidos da construção civil”, com exceção do mapa de Declividade, que foi obtido diretamente do Mapa de Declividade do Brasil disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Algumas operações foram realizadas nos mapas antes da reclassificação para padronizar os indicadores, abaixo estão descritas as operações realizadas quando necessário:

- i) Declividade – Utilizou o mapa de declividade do Brasil disponibilizado pelo INPE, de acordo com a classificação da Embrapa. Com auxílio do *Clip*, do *ArcToolbox*, foi possível recortar a área de estudo.
- ii) Distância de Centros Urbanos – Para restringir a distância dos centros urbanos, foi realizado um *buffer* de 1000 metros. Após consulta a literatura essa distância foi adotada como área de amortecimento para minimizar os impactos negativos.
- iii) Distância de Recursos Hídricos – Para garantir o critério de restrição foram realizados *buffer*, com uso do ArcGIS®. Considerando que as distâncias na Norma é a mínima recomendada, consultando a literatura disponível, e visando mitigar os impactos para os recursos hídricos da região, o *buffer* realizado foi de 400 metros para o mapa de recursos hídricos.

iv) Distância de Rodovias – A distância mínima da rodovia para implantação do aterro foi de 200 metros. Para prepará-lo para reclassificação foram gerados *buffer*, de 200 metros e de 1000 metros, sendo até 1000 metros a distância satisfatória para não aumentar custos com transporte.

v) Distância de Unidade de Conservação – Adotou-se a distância de 100 metros do limite da unidade de conservação, realizado através de um *buffer* de 100 metros para posterior reclassificação.

Os indicadores passaram pela reclassificação no software visando à padronização para que a análise pudesse ser realizada. Os índices de aptidão atribuídos às classes de cada indicador foram escolhidos com base nas pesquisas anteriores, leis e normas já citadas no estudo. Os índices variam entre 0 e 5, para os indicadores restritivos (Tabela 1) onde a área apta recebeu índice 5, e a área de restrição, 0. Para os indicadores escalonados (Tabela 2) os valores variam de 0 a 5, sendo 0 – índice de aptidão nulo, 1 – baixíssimo, 2 – baixo, 3 – médio, 4 – alto, e 5 – altíssimo. Com essa operação foram obtidos mapas de aptidão individual para cada indicador.

Tabela 1. Indicadores restritivos e classificação através de índices de aptidão.

Indicadores restritivos	Classes	Índice de aptidão
Distância de centros urbanos (Buffer 1000 m)	Perímetro urbano	0
	Fora do perímetro urbano	5
Distância de recursos hídricos (Buffer 400 m)	Perímetro dos recursos hídricos	0
	Fora da área de recursos hídricos	5
Distância de unidades de conservação (Buffer 100 m)	Perímetro da área de proteção	0
	Fora do perímetro da área de proteção	5

Tabela 2. Indicadores escalonados e classificação através de índices de aptidão.

Indicadores escalonados	Classes	Índice de aptidão
Declividade	0 – 3% (Plano)	3
	3 – 8% (Suave Ondulado)	4
	8 – 20% (Ondulado)	5
	20 – 45% (Forte Ondulado)	2
	45 – 75% (Montanhoso)	1
	> 75% (Escarpado)	0
Distância de rodovias	< 200 m	0
	200 – 1000 m	5
	> 1000 m	3
Tipos de Solo (Fragilidade)	Muito baixo	5
	Baixo	4
	Médio	3
	Forte	2
	Muito Forte	1
Geologia	Ígneas (Boa)	Sem ocorrência
	Sedimentar (Satisfatória e pobre)	3
	Metamórfica (Boa e satisfatória)	5

3.4 Álgebra de Mapas e Elaboração de Mapa Temático

A partir dos planos de informações padronizados, foi possível usar as ferramentas de SIG para realizar a sobreposição dos mesmos, gerando um mapa que compreende todos os critérios previstos e suas restrições. A operação foi realizada com pesos iguais para cada camada. Tais camadas foram combinadas seguindo a Equação 1:

$$\text{APT} = \text{DEC} * \text{RH} * \text{NU} * \text{UC} * \text{ROD} * \text{GEO} * \text{TS} \quad (\text{Equação 1})$$

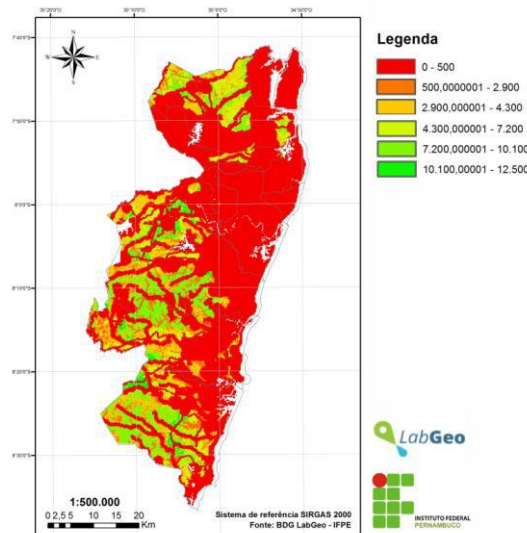
Onde cada sigla representa um mapa reclassificado que mostra a aptidão da área, conforme relacionado abaixo: APT - Mapa de aptidão da RMR; DEC - Declividade; RH - Distância dos Recursos Hídricos; NU - Distância de Núcleos Urbanos; UC – Distância de Unidades de Conservação; ROD - Distância de Rodovias; GEO - Geologia; TS - Tipos de Solos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da aplicação da Equação 1 para cada pixel dos diversos planos de informações utilizados deveria ser um número entre 0 (quando ao menos um indicador assume seu menor valor, nesse caso, o valor zero) e 78.125 (quando todos os indicadores assumem a pontuação máxima, cinco). Após essa ponderação, observou-se que o intervalo obtido foi de 0 a 12.500, o que mostra que nenhuma área apresentou todos os índices com a característica mais favorável ao mesmo tempo para implantação do aterro, semelhante ao que Santos (2014) encontrou em sua pesquisa.

O mapa de aptidão da RMR (Figura 2), obtido ao final da aplicação da metodologia descrita, demonstra que dentre os locais com nenhuma ou com pouquíssimas áreas aptas a receber um aterro estão os municípios mais populosos da RMR – como Recife, Olinda e Paulista – e os municípios com menor extensão territorial, neste caso de Itapissuma e da Ilha de Itamaracá. Isso acontece principalmente por conta da restrição que impede à implantação de um aterro em áreas com aglomerados urbanos ou em torno dele.

Figura 2. Mapa de aptidão da RMR.



Fonte: Própria (2017).

Todas as áreas restritas por pelo menos um critério legal, ou seja, áreas compostas por *pixels* com valor zero após a álgebra de mapas foram consideradas não recomendadas à implantação de um aterro. As áreas formadas por *pixels* com valores maiores que zero, compõem as áreas aptas à instalação do empreendimento, ou seja, nenhuma restrição legal foi encontrada para essas áreas (OLIVEIRA NETO, 2011).

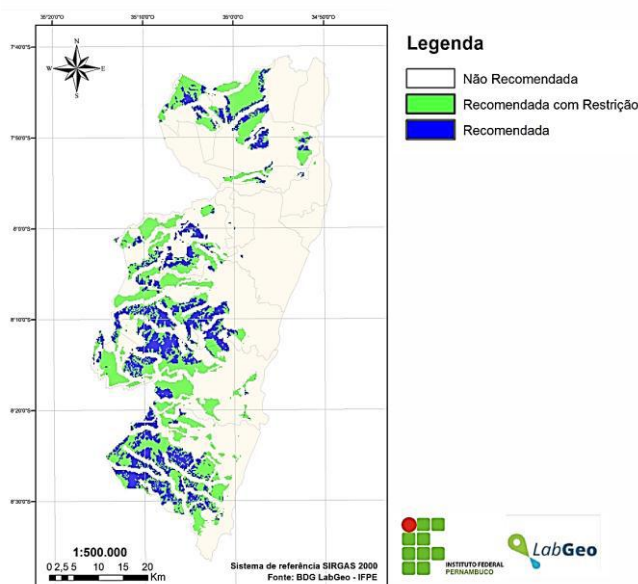
O mapa de aptidão final apresenta as seguintes classes: Áreas não recomendadas, Áreas recomendadas com restrição e Áreas recomendadas. Em seguida, o intervalo obtido na ponderação dos indicadores – entre a área com menor índice positivo diferente de zero (500) e o maior (12.500) – foi dividido em dois intervalos idênticos. Essas áreas foram consideradas Recomendadas ou Recomendadas com Restrições (Quadro 5).

Quadro 5. Classificação do mapa de aptidão.

Intervalo	Áreas
0	Não recomendada
500 ○—●6.500	Recomendada com restrição
6.500 ○—●12.500	Recomendada

Esse procedimento foi adotado para facilitar a visualização das áreas indicadas, já que não há homogeneidade de pontuação entre as zonas, de forma que as áreas não restritas se encontram fragmentadas, dificultando a indicação de uma só área. O resultado foi o mapa final de aptidão à implantação de aterro de RCD da RMR com áreas mais homogêneas e de fácil visualização (Figura 3).

Figura 3. Mapa de aptidão da RMR.



Fonte: Própria (2017).

Os municípios com menor densidade demográfica foram os que apresentaram mais áreas recomendadas ou recomendadas com restrições à implantação do aterro, como Ipojuca, Cabo de Santo Agostinho, Moreno, Jaboatão dos Guararapes, São Lourenço da Mata, Camaragibe, Araçoiaba e Igarassu. Dentre esses, Ipojuca, Cabo de Santo Agostinho, Igarassu, São Lourenço da Mata e Jaboatão são os 5 maiores municípios em área da RMR. Na RMR a área restrita (índice zero) para a alocação de um aterro ocupa uma superfície de 19.631,56 ha, o que representa aproximadamente 71% da região. Para Lourenço (2015) este resultado é esperado devido ao grande número de restrições referentes à alocação deste tipo de empreendimento e a alguns municípios da região possuírem uma malha urbana bem desenvolvida, dificultando a alocação de um aterro, como Recife, Olinda e Paulista.

No estudo os indicadores receberam pesos iguais, porém Biju (2015) atribuiu pesos diferentes, com base em um questionário aplicado aos especialistas, e realizou a ponderação através do método da soma. A distância de centros urbanos foi um dos critérios de menor importância, na frente apenas da

declividade, apontada como o critério menor importante. Os critérios de maior importância foram os ambientais: distância de recursos hídricos, unidades de conservação e solos (BIJU, 2015).

A forma de ponderação e a atribuição de pesos diferentes para as camadas podem diminuir a força de restrição de um indicador, de modo que no mapa final de aptidão podem surgir novas áreas aptas, aumentando a disponibilidade de locais para implantação de um aterro. É importante considerar a opinião de especialistas e pesquisas anteriores para escolher o método a ser aplicado. Lourenço (2015) atribuiu pesos diferentes na ponderação dos critérios e teve como resultado 56,5% de área restrita na região estudada. Já Gregório (2013) adotou pesos iguais para os indicadores, resultando numa área restrita de 99,8% do território total. Isto destaca a influência do método de ponderação e dos pesos adotados no resultado final das áreas aptas a implantação deste empreendimento.

Apesar das áreas classificadas como “Recomendadas” representarem uma porcentagem pequena em relação à extensão total da RMR, cerca de 29%. Esse quantitativo representa áreas suficientes para instalação de aterros, porém esses locais podem apresentar-se fragmentados ou possuir restrição específica que possa desclassificá-los (LOURENÇO, 2015), como custo do terreno, caso seja privado, distância e acesso da fonte geradora e proximidade com áreas rurais ou florestais. A metodologia adotada nesse estudo é um processo de pré-seleção de áreas seguindo critérios legais, contudo, depois de realizada essa identificação é recomendado que sejam feitos refinamentos segundo outros critérios citados anteriormente, considerando o tamanho da área como base nas projeções populacionais e estimativa de geração de resíduos para melhor definição das áreas para aterros de inertes.

5. CONCLUSÕES

A escolha da área para localização do aterro é de suma importância para gestão de RCD, além dos critérios técnicos previstos nas normas. Cabe ressaltar que os resultados obtidos devem ser ajustados com visita a campo para melhor identificação da área, pois a base de dados utilizada poderá influenciar nos resultados. Esta pesquisa não utilizou a classificação de uso e ocupação do solo, como um critério de influência para a escolha da área, visto que o valor de aquisição do terreno e os múltiplos usos da área (uso agrícola, mata nativa ou vegetação) são fatores determinantes no processo.

A metodologia aplicada tem como objetivo identificar áreas com maior propensão à implantação do aterro de RCD e não indicar uma área específica, assim à utilização do SIG com apoio da análise multicritério mostrou-se uma abordagem capaz de cumprir o propósito, diminuindo o tempo de análise e restringindo a área que pode ser considerada em avaliações posteriores. As ferramentas de SIG utilizadas na pesquisa apresentaram grande aptidão para análises complexas, com precisão, qualidade e agilidade. Por fim, pode-se concluir que os métodos adotados permitem a aplicação para qualquer região, desde que haja disponibilidade de dados. A pesquisa apresentada pode servir de base na elaboração de estudos para tomada de decisão por parte da gestão pública.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.157** Aterros de resíduos perigosos. Rio de Janeiro, ABNT, 1987. Disponível em: <licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-10.157-ARIP-Construção-Operação.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13.896** Aterros de resíduos não perigosos. Rio de Janeiro, ABNT, 1997. Disponível em: <licenciadorambiental.com.br/wpcontent/uploads/2015/01/NBR-13.896-Aterros-de-residuos-nao-perigosos.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15.113** Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes. Rio de Janeiro, ABNT, 2004. Disponível em: <licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.113-RCC-e-Residuos-Inertes.pdf> Acesso em: 11 fev. 2017.

BRASIL. **Lei Complementar nº 14, de 8 de junho de 1973**. Estabelece as regiões metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém e Fortaleza. Diário Oficial. Brasília. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/leicom/1970-1979/leicomplementar-14-8-junho-1973-367020-norma-pl.html>>. Acesso em: 11 de fev. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9885, de 18 de julho de 2000**. Instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente. Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 11 de fev. 2017.

BIJU, B.P. **Utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) na indicação de possíveis áreas aptas à disposição de resíduos de construção e de demolição**. 2015. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil– Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

CAMPOS, M. B. A. **Métodos multicritérios que envolvem a tomada de decisão**. 2011. 51p. Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2011.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 307 de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 348 de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 431 de 25 de maio de 2011**. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA Diário Oficial da União. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 448 de 19 de janeiro de 2012**. Altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro – RJ. EMBRAPA, 1979. 83p. Disponível em: <http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00006739_001.pdf>. Acesso em: 11 de fev. 2017.

FREITAS, I. M. **Os Resíduos de Construção Civil no Município de Araraquara- SP**. 2009. 86 f. Dissertação, Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, 2009.

GENELETTI, D. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites. **Waste Management**, n.30, p. 328-337, fev. 2010.

GREGÓRIO, B. de S.; AZEVEDO, G. M. de.; SOUZA, J. L. de.; SANTOS, P. S. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., Foz do Iguaçu, PR, 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, RJ, 2011. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=245351>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008)**. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=245351>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

LONGLEY, P. A. et al. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**, 3ª Ed., Porto Alegre: Bookman, 2013.

LOURENCO, R. W.; SILVA, D. C. da.; SALES, J. C. A.; MEDEIROS, G. A. de.; OTERO, R. A. P. Metodologia para Seleção de Áreas aptas à instalação de Aterros Sanitários consorciados utilizando SIG. **Revista Ciência e Natura**, n. 4., p. 122-140. UFSM, 2015.

LÚCIO, Renata Franco. **Diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos da construção e demolição no município de Belo Horizonte – MG**. 2013. 121 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2013.

MINISTÉRIO DO INTERIOR, **Portaria nº 124, de 20 de agosto de 1980**. Disponível em: <<http://ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/Portaria-nb0-124.80.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2017.

MOREIRA, M. A. A.; LORANDI, R.; MORAES, M. E. B. de. Caracterização de áreas preferenciais para a instalação de aterros sanitários no município de Descalvado (SP), na escala 1:50.000. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.60/02, p. 177-194, 2008.

OLIVEIRA NETO, J. T. **Determinação de áreas favoráveis à implantação de aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos para o município de Piumhi – MG**. 2011. 54 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

OLIVEIRA, S.T. J e MORAES, L. F. R. de **Avaliação multicritério de projetos de produção da indústria de petróleo no Brasil: uma análise comparativa dos métodos PROMETHEE e TODIM**, p.122, Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2003.

PAZ, D. H. F da. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. 2014. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2014.

PIRES, C. S. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Análise dos planos municipais da bacia do Alto Tietê**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Carlos, São Carlos. 2013.

SANTOS, J. O. **Determinação de áreas aptas para instalação de um aterro sanitário**. 2014. 38 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

2.4 PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ATERRO DE JUAZEIRO DO NORTE - CE

ALENCAR, Sidney Kal-Rais Pereira de

Grupo de Gestão Ambiental de Pernambuco da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Gampe/UFRPE)
sidneykalrais@gmail.com

FREITAS, Rodrigo da Costa

Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU)
engenheirorodrigocf@gmail.com

MELO, Jéssica Marizze Maria Dantas Oliveira

Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU)
jessicamarizzed@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti

Grupo de Gestão Ambiental de Pernambuco da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Gampe/UFRPE)
sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

Decorrente do grande volume de Resíduos Sólidos Urbanos gerados pela população, a destinação e a disposição desses são tratadas como um dos principais problemas no tocante a qualidade ambiental. A busca por soluções tem proporcionado o envolvimento e a participação efetiva de métodos de recuperação técnica, social e ambiental na tomada de decisões. Uma das tecnologias viáveis de ser realizada é a estruturação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). Este trabalho objetiva retratar e verificar a aplicabilidade do PRAD no Lixão de Juazeiro do Norte-CE. Este contempla um conjunto de medidas a ser implementado na recuperação da área, tais como: georreferenciamento e cercamento da área, Drenagem de lixiviados e percolados, drenagem de gases, conformação topográfica, recobrimento do rejeito, drenagem superficial, análise do solo, recomposição florestal e limpeza do entorno. Conclui-se que há coerência nas medidas selecionadas para a aplicação e a execução do presente projeto, estando o mesmo habilitado para implantação no local planejado.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade Ambiental, Recuperação, Lixiviado.

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do grande volume de resíduos sólidos gerados pela população, em proporções cada vez maiores, a destinação e a disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU é tratada como um dos principais problemas no tocante a qualidade ambiental das áreas urbanas do Brasil. É perceptível a necessidade de implementar medidas gerenciais compatíveis com tal problemática, no intuito de remediar ou de minimizar os possíveis efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde pública. A constante busca por soluções tem proporcionado o envolvimento e a participação efetiva de métodos de recuperação técnica, social e ambiental na tomada de decisões, no que diz respeito às áreas de disposição de RSU inadequados.

As metodologias de recuperação dos lixões, bem como aterros, são desenvolvidas em virtude da necessidade de implantar mecanismos de inertização da massa de resíduos sólidos, e, sobretudo, minimizar os impactos negativos ocasionados em decorrências de tais práticas de disposição, além de garantir a segurança e a qualidade ambiental após fechamento do lixão e/ou aterro, ou proporcionar condições de maior vida útil dos mesmos.

A Lei n.º 9.985 (BRASIL, 2000), que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, no Art. 2º, define a recuperação como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”. Desta forma, a recuperação pode ser entendida como um conjunto de ações e/ou medidas necessárias para que a área volte a estar apta para algum uso produtivo em condições de equilíbrio ambiental (AMORIM et al., 2014).

Segundo Amorim et al. (2014), na maioria das vezes, a degradação pode ser vista como um conceito associativo aos efeitos ambientais considerados negativos ou adversos decorrentes de atividades ou intervenções humanas. Pois quando a atividade humana causa alguma alteração nos sistemas naturais originam-se as áreas modificadas, as quais podem ter sua capacidade produtiva melhorada, conservada ou diminuída, de modo que esta alteração não significa necessariamente que a área foi degradada.

Para Silva (2010) toda e qualquer atividade de exploração dos recursos naturais traz consigo a alteração e degradação do meio ambiente. As áreas degradadas têm origem em atividades de exploração dos ambientes naturais e do solo, resultando por muitas vezes uma paisagem sem vegetação e com solos em processo erosivo. Desta forma, a disposição inadequada dos resíduos sólidos enquadra-se como uma atividade passível de degradação ambiental, haja vista que, altera drasticamente as condições iniciais do local. Para remediar esta situação umas das tecnologias viáveis e plausíveis de ser realizada é o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Neste contexto, este trabalho objetiva retratar e verificar a aplicabilidade do Plano de recuperação de Áreas Degradadas no Lixão de Juazeiro do Norte-CE, apresentado a Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (Amaju), como medida compensatória na implantação de um empreendimento de potencial poluidor degradador alto, que estaria nas áreas adjacentes deste equipamento público.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Lixão é um termo utilizado para descrever uma prática inadequada de disposição dos resíduos sólidos. Caracteriza-se pela simples descarga do lixo sobre o solo sem apresentar nenhuma medida de controle ambiental ou social. A disposição inadequada de resíduos sólidos é costume bastante antigo e diagnosticado na maioria das cidades brasileiras. Estes são encontrados sobre solo, a céu aberto, nos leitos d'água e em áreas com restrições humanas, acarretando irregularidades ambientais, sociais e econômicas para os centros urbanos e rurais. Os impactos causados incluem, com frequência, a contaminação do solo, dos corpos receptores, a proliferação de vetores, a poluição atmosférica, a poluição visual e do lençol freático.

De acordo com os artigos 15 e 16 da Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010) que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os Planos Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos devem apresentar mecanismos para a eliminação e posterior recuperação dos lixões, bem como áreas degradadas, em decorrência da disposição inadequada dos resíduos sólidos ou rejeitos.

2.1. Impacto Ambiental

Para Silva et al. (2012), impacto ambiental consiste em qualquer alteração da qualidade ambiental, resultante da modificação de processos naturais ou sociais, alterada pela ação humana, de forma a comprometer significativamente no componente ambiental biótico e abiótico. Esta adversidade pode ser causada em um ou mais atributos ambientais, em um dado espaço, em decorrência de uma determinada atividade antropogênica.

A existência ou não de impactos ambientais está diretamente relacionada ao uso e ocupação da terra, e sua escala de abrangência e magnitude estão ligadas, basicamente, aos determinantes naturais e à forma como se dá a apropriação dos recursos naturais pelo homem (SANTOS 2004).

A Resolução Conama n.º 001/86 dispõe de um conceito para Impacto Ambiental que abrange: “Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986). Neste contexto, observa-se que aspecto ambiental diverge de impacto ambiental, tendo em vista que os aspectos ambientais estão associados aos mecanismos ou processos que conduzem as consequências ambientais, ou seja, aos impactos ambientais.

No que pese ao impacto ambiental no Brasil, os aterros controlados e lixões são considerados uma das principais fontes causadoras, em decorrência das irregularidades praticadas na disposição dos resíduos sólidos. Neste âmbito, ABNT NBR 10.004:2004 enuncia que “Resíduos Sólidos são resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Observa-se assim, que a disposição final inadequada destes resíduos constituem problemas sanitário, econômico e principalmente estético nas cidades brasileiras (BRASIL, 2006).

2.2. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

De acordo com MMA (2017), a recuperação de áreas degradadas está intimamente relacionada à ciência da restauração ecológica. Para o mesmo, a restauração ecológica consiste em um processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema outrora degradado, danificado ou destruído.

A Lei n.º 9.985 (BRASIL, 2000), em seu art. 2º, distingue, para seus fins, um ecossistema “recuperado” de um “restaurado”, da seguinte forma:

XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

Pode-se observar que a recuperação de áreas degradadas encontra-se respaldada pela legislação vigente, alicerçado pela Constituição Federal de 1988.

Segundo Rocha e Rocha (2015) o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas encontra-se inserido no seguimento Gestão dos Recursos Naturais, enquadrado como um subsídio à elaboração da agenda 21 brasileira. Trata-se de uma exigência governamental definido no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, elaborado pelo consorcio TC/ BR/ FUNATURA - MMA / PNUD, em novembro de 1998. Ainda neste documento, dentre as estratégias para a gestão dos recursos naturais, apresenta medidas que visam obter o controle da qualidade ambiental com vista à proteção e o doutrinamento do uso dos recursos naturais, implicando desta forma, no desenvolvimento de procedimentos de monitoramento e fiscalização, além da adoção de ações de comando e controle de instrumentos econômicos e de mecanismos de certificação.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Juazeiro do Norte, localizado no sul do estado do Ceará, mais precisamente na Região Metropolitana do Cariri (RMC) (Figura 1), entre as coordenadas Latitude 07° 12' 46" sul e longitude 39° 18' 54" oeste, tem como limítrofes os municípios de Caririaçu, Crato, Barbalha e Missão Velha (CEARÁ, 2016). Apresenta uma área territorial de 248,232 Km², com uma população estimada para 2016 de 268.248 habitantes e uma taxa de urbanização de 96,07%, estando entre os municípios com maior taxa de urbanização do estado. Esses dados resultam em uma densidade demográfica de 1.006,91 hab/Km².

O município de Juazeiro do Norte está totalmente inserido na bacia do Rio Salgado, tendo como principais drenagens o rio Carás e os riachos Macacos e Batateira e como principal reservatório o açude Riacho dos Carneiros, com capacidade igual a 37.180.000 m³ (ANDRADE; GOMES; CASTRO, 2002). A zona urbana de Juazeiro do Norte é 100% abastecida por poços tubulares, segundo a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece.

Figura 4. Localização do município de Juazeiro do Norte - CE na RMC



O clima predominante da mesorregião do sul cearense é o semiárido. Segundo a classificação de Köppen é do tipo BSh, com temperaturas médias variando entre 23°C e 27°C. O regime pluviométrico é característico pela pouca precipitação, compreendida entre 380 e 760 mm, concentrado entre os meses de janeiro a maio, (VERÍSSIMO; AGUIAR, 2005; FUNCEME, 2006).

A vegetação nativa do município de Juazeiro do Norte faz parte do bioma Caatinga, exclusivamente brasileiro, predominando em todo o nordeste. Trata-se de um bioma rico em biodiversidade, abrigando 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 221 de abelhas (BRASIL, 2016). O referido bioma é formado, principalmente, por árvores de pequeno porte e espaçadas, as chamadas xerófilas, adaptadas às condições do clima semiárido, às quais sobrevivem aos episódios de estresse hídrico (PAREJO, 2007).

Uma das principais características da vegetação da caatinga é que parte das espécies perdem suas folhas durante a estação seca, caracterizando-se como um recurso para diminuir a perda de água durante o período seco. Os vegetais possuem predominância de raízes profundas (para encontrar água em profundidades mais altas) e espinhos. As principais espécies vegetais da Caatinga são: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), Jurema (*Mimosa hostilis*), Marmeleiro (*Croton sonderianus*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), Cajueiro (*Anacardium occidentale*) e as xerófilas, em geral (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2016).

O município de Juazeiro do Norte apresenta solos de composição argilo-síltica-arenosa (Formação Rio da Batateira e Abaiara), arenosa (Formação Missão Velha) ou argilosa (Formação Brejo Santo). Conforme o projeto RadamBrasil (1981), Juazeiro do Norte está inserido no Planalto Sertanejo, caracterizado por formas tabulares, relevo de topo plano, separados por vales de fundo plano; e na porção noroeste do município, por relevos de topo convexos, com diferentes ordens de grandezas e de aprofundamento de drenagem, separados por vales em “V”. No entanto, Mont’Alverne (1996) aponta a área do município como Zona de Pediplano na Geomorfologia da bacia sedimentar do Araripe, se diferenciando da Zona de Chapada (topo da chapada que recebe o mesmo nome) e Zona de

Talude (área de encosta da feição sedimentar). Para o autor o domínio do município mostra “uma topografia, com altitude média em torno de 400 metros, caracterizada por morros alongados entremeados por vales amplos de fundo plano”.

A área de interesse do presente projeto, o lixão municipal de Juazeiro do Norte (Figura 2) está localizada na zona rural do município, à rodovia Padre Cícero (CE-060), no Distrito Padre Cícero. O Lixão Municipal de Juazeiro do Norte encontra-se localizado na zona rural do município, à rodovia Padre Cícero (CE-060), Distrito Padre Cícero, tendo como referência as coordenadas geográficas latitude 7°9'13.14"S e longitude 39°18'36.08"W. O local apresenta uma área total cercada de 20 hectares, sendo atualmente utilizados 13,5 hectares para a disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade, área que já vem sendo utilizada há 25 anos, recebendo diariamente uma quantidade estimada de 270 toneladas de RSU.

Figura 5. Localização Geográfica do lixão municipal de Juazeiro do Norte, área de execução do PRAD.



Fonte: PRAD/AMAJU, 2017.

3.2 Passos Metodológicos

A presente pesquisa consistiu-se na análise detalhada das informações levantadas e metodologias contidas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas do Lixão de Juazeiro do Norte-CE apresentado a Amaju, por meio de levantamento bibliográfico e documentação.

O procedimento metodológico utilizado na elaboração do Plano considerou as seguintes etapas:

- Definição e delimitação da área de estudo;
- Levantamento da legislação vigente e normas técnicas aplicáveis;
- Caracterização física da área a partir dos dados secundários e visitas técnicas, entre os dias 16 e 28 de novembro de 2016.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Situação Inicial do Lixão e Prognóstico

A área, lixão municipal de Juazeiro do Norte, encontra-se parcialmente cercada, apresentando-se em alguns locais a ausência de fios de arame, bem como de estacas. No entorno das dependências do lixão, percebe-se a existência de vegetação remanescente do bioma Caatinga, predominante na região. No entanto, as espécies não apresentaram diversidade vegetal, caracterizando-se na existência de desequilíbrio ecológico da área. Pode-se averiguar alterações no relevo natural local, devido à disposição dos resíduos. A área, atualmente, apresenta topografia modificada, a qual foi considerada para efeito de projeção dos sistemas apresentados no decorrer do Prad. Além de tais constatações, verificou-se a presença de animais de pequeno porte, como cachorros, e inúmeras aves características de região onde se acumulam resíduos, como urubus e gaviões, por exemplo. Ademais, constatou-se a presença de catadores de materiais recicláveis trabalhando dentro do próprio lixão.

4.2. Projeto Executivo Para Recuperação da Área Degradada

O presente projeto de aplicabilidade do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (Prad) considera as seguintes premissas:

- Encerramento imediato das atividades de disposição de resíduos sólidos na forma atual de operação;
- Minimização dos impactos adversos no solo, ar e água (superficial e subterrâneo).

Para tanto, o mesmo elenca um conjunto de medidas a serem implementadas na recuperação da área degradada em decorrência da atividade do Lixão municipal de Juazeiro do Norte. Salientando-se que a implementação do Prad dependerá da concepção adotada pelos executores, do grau de comprometimento dos envolvidos, dos recursos financeiros disponíveis e do tempo necessário para se atingir a completa inertização da massa de resíduos sólidos que é variável.

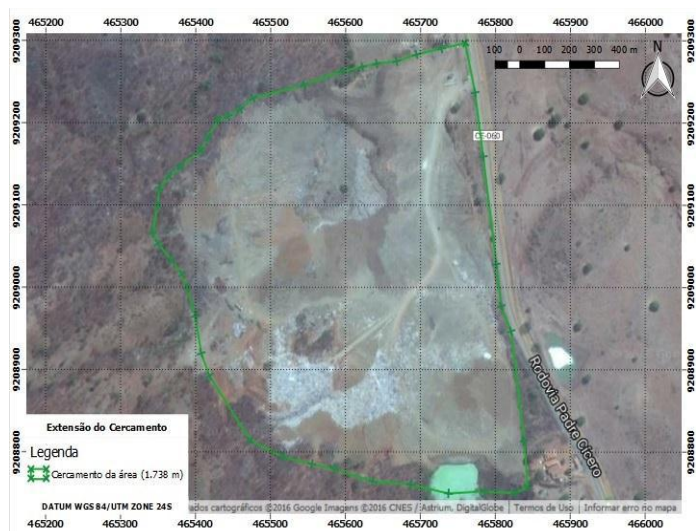
Conforme descrito no Prad, as medidas consideradas são: Georreferenciamento e cercamento da área, Sistema de drenagem de lixiviados e percolados com armazenamento, Sistema de drenagem de gases, Conformação topográfica, Recobrimento de todo o rejeito depositado no local com uma camada de solo impermeável, Sistema de drenagem superficial para desvio das águas de chuva, Análise do solo, Recomposição florestal e Limpeza do entorno. A seguir serão descritas e discutidas as medidas apresentadas no Prad em análise:

4.2.1. Georreferenciamento e Cercamento da Área

A delimitação física da área é uma importante medida a ser adotada, tendo em vista que objetiva controlar o acesso à área de disposição de resíduos e conter parcialmente resíduos que possam eventualmente ser carreados pela ação dos ventos ou quaisquer outras formas de locomoção.

Para tanto, deverá ser implementada uma cerca em toda a extensão do perímetro do terreno e a instalação de portão na entrada de acesso.

Figura 6. Cercamento da área do PRAD



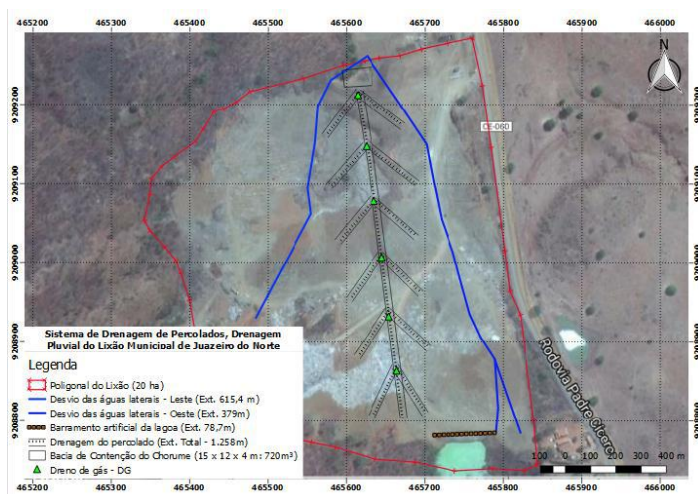
Fonte: PRAD/AMAJU, 2017.

4.2.2 Elaboração do Sistema de Drenagem de Lixiviados e Percolados com Armazenamento

O plano propõe um sistema de coleta, contenção e recirculação para o percolado (chorume resultante das atividades de decomposição da massa de resíduos), bem como o lixiviado (composto pelo chorume e precipitações) com a finalidade de minimizar a contaminação do lençol freático, além de permitir a aceleração da decomposição biológica.

Seguindo essa proposta o presente estudo orienta a implantação de um sistema de drenagem subterrânea de percolado, formando um sistema assemelhado a uma espinha de peixe, com um dreno principal e drenos secundários interligados (Figura 4), conforme demonstrado abaixo.

Figura 7. Sistema de Drenagem de Percolados, Drenagem Pluvial do lixão Municipal de Juazeiro do Norte.



Fonte: PRAD/AMAJU, 2017.

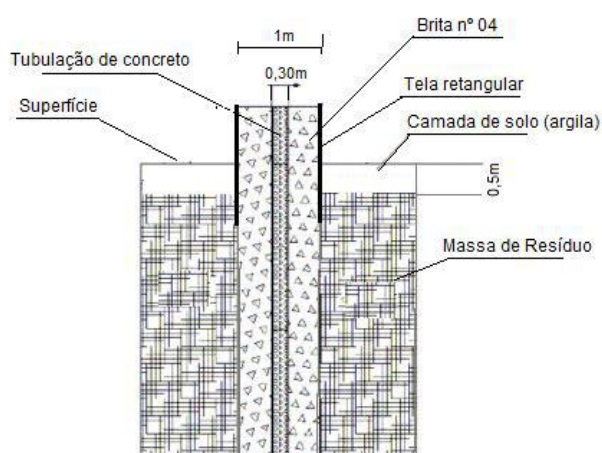
Este sistema de drenagem deve coletar e conduzir o líquido lixiviado, reduzindo as pressões destes sobre a massa de resíduo, minimizando o potencial de migração para o subsolo, e consequentemente diminuir o potencial de contaminação.

4.2.3 Sistema de Drenagem de Gases

Os gases são gerados e encontram-se misturados à massa de resíduos. Para evitar bolsões dentro das trincheiras e incêndios locais torna-se necessário projetar um sistema de drenagem de gases. Soares (2013) indica que os tubos verticais perfurados de concreto para o sistema de drenagem de gases devem estar separados de 30 a 70 m associados aos drenos horizontais.

Dessa forma adotou-se que os drenos para o sistema de drenagem dos gases devem estar distanciados entre si em 70m, totalizando 6 drenos de gás, sendo 05 associados ao dreno central horizontal de lixiviados (Figura 5), localizados exatamente nos pontos onde há o encontro dos drenos secundários e o dreno central, atravessando verticalmente o lixão até sua superfície, configurando chaminés de exaustão, além de um dreno de gás em cima do tanque de contenção de lixiviados. Para as chaminés do sistema adotou-se que serão conformadas com manilhas drenantes de concreto armado perfuradas, com diâmetro de 0,30m.

Figura 8. Imagem do perfil de um dreno de gás, identificando seus componentes essenciais e o princípio de funcionamento da instalação.



Fonte: PRAD/AMAJU, 2017.

Os drenos de biogás devem ser construídos escavando-se na camada de resíduo compactado uma cavidade com 1 m de diâmetro na forma cilíndrica. O princípio de funcionamento de um dreno de gás encerra diversas partes, identificando componentes essenciais e o princípio da instalação. Ao centro da cavidade devem-se implantar os tubos de concreto perfurados com 0,30m de diâmetro sobrepostos na posição vertical até 1m acima da superfície, onde será colocado o queimador de gás. O espaço entre a tubulação de concreto e a massa de resíduo deve ser preenchido por brita nº 4, formando uma “camisa de brita”. Uma tela de malha retangular com 2m de altura deve ser implantada de forma que fique 1m abaixo da superfície e 1 m acima da superfície do solo, formando uma contenção para as britas nº 4 envolta do tubo de concreto.

4.2.4 Conformação Topográfica

Esta etapa consiste na regularização mecânica do material disposto, na compactação da massa de resíduos, adequação das inclinações dos taludes e o recobrimento da massa de resíduos. Conforme constatado durante a fase de caracterização, e como ilustrado na figura 6, a massa de resíduos localizada próximo ao limite sudoeste da área de disposição dos resíduos apresenta taludes com inclinações acentuadas.

Figura 9. Ilustração da conformação topográfica local.



Fonte: PRAD/AMAJU, 2017.

A atual topografia da área encontra-se bastante irregular, com grandes diferenças de altitude formando grandes ondulações. Esta irregularidade caracteriza problemas para a drenagem pluvial e para compactação dos resíduos. Dessa forma, recomenda-se que depois de instalados os sistemas de drenagem de lixiviados e de gás devem ser realizados o nivelamento final da massa de resíduo existente no local. Deve-se procurar realizar a conformação topográfica da área imitando um pequeno monte, de forma levemente curva, onde a cota mais alta deve ficar centralizada no terreno, para evitar o acúmulo de águas de chuva sobre a área. A definição da cota máxima do terreno deve ser definida depois de realizado o movimento da massa de resíduos sólidos, sendo que não recomenda-se uma cota inferior a 410m de altitude, a definição desse parâmetro baseia-se nas cotas existentes ao entorno do terreno.

4.2.5 Recobrimento do Rejeito Depositado no Local com Camada de Solo Impermeável

A cobertura final com um solo impermeável tem a função de isolar a massa de resíduos, evitando a infiltração de água e, conseqüentemente, a quantidade de percolato gerado, o carreamento de resíduos e o deslizamento de taludes.

Terrenos argilosos caracterizam-se por terem grande impermeabilidade. Assim, recomenda-se realizar a cobertura da área com uma camada de 50 a 60 cm de solo argiloso, inclusive nos taludes laterais.

4.2.6 Execução do Sistema de Drenagem Superficial

Tem por finalidade desviar o afluxo d'água das chuvas que caem sobre o maciço de resíduos e direcioná-la para o corpo hídrico mais próximo, evitando que aumente o volume de lixiviados, diminuindo o escoamento de águas superficiais que venham a causar erosão e a destruição da camada de cobertura e taludes.

O sistema consiste no escoamento superficial das águas pluviais sobre os taludes da conformação topográfica da área em direção as valetas laterais, dimensionadas para desviar o fluxo adjacente de recursos hídricos. Para o dimensionamento do sistema de drenagem de águas pluviais deve-se considerar a drenagem das águas que incidem sobre a área do lixão e das águas que incidem nas áreas adjacentes.

Outro fator de extrema importância para o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial é a vazão a ser drenada, assim, para obtenção desta seguiu-se os métodos usuais de drenagem urbana, usando a fórmula racional, usada para pequenas bacias com pequena área de contribuição: inferior a 500 hectares = 5.000.000 m² = 5 km² (SOARES, 2013).

4.2.7 Análise do Solo

Antes da implantação da vegetação, sugere-se realizar análise de alguns parâmetros relacionados ao solo, como: fertilidade (P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, matéria orgânica), umidade, pH, estrutura, porosidade, densidade, e textura. O monitoramento desses elementos faz-se importante visto que o solo deve estar em condições ideais para o desenvolvimento eficiente das plantas e microrganismos envolvidos no processo de reflorestamento.

Caso alguns desses parâmetros não estejam adequados para um bom desenvolvimento vegetal deve-se aplicar medidas corretivas como: aragem, gradagem, descompactação, inserção de matéria orgânica, calagem, entre outras ações que venham a deixar o solo apto para a produção vegetal. Se necessário aplicar alguma medida corretiva, é recomendável respeitar um curto período de tempo, cerca de 30 dias, antes da inserção das mudas para o solo estabilizar-se.

Esclarece-se que a execução da análise do solo deve ocorrer próximo ao período de plantio, posterior às etapas de: conformação topográfica, compactação e recobrimento de todo o rejeito depositado no local com uma camada de solo impermeável.

4.2.8 Metodologia de Recomposição Vegetal

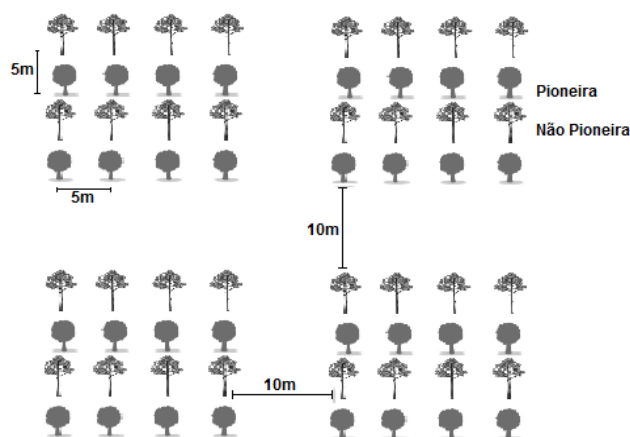
A proposta para o reflorestamento da área degradada pela atividade do lixão municipal de Juazeiro do Norte é imitar o processo de sucessão ecológica mediante ação antrópica. Para tanto, escolheu-se a técnica de nucleação através do plantio de mudas.

Essa técnica consiste na formação de núcleos ou ilhas de vegetação com alta diversidade através do plantio de mudas de espécies arbustivo-arbóreas na área degradada. Com o passar do tempo, estima-se que ocorrerá a propagação de sementes pela ação do vento e por animais que utilizarão essas árvores como fonte de alimento e poleiro, espalhando sementes através de seus excrementos. Outro fator positivo que deve ser considerado é que esses animais trarão sementes de outros locais, ajudando a sucessão ecológica secundária da área degradada. (MARTINS, 2009).

É importante mencionar que nos locais onde tiver a ocorrência de algum tipo de vegetação não recomenda-se a supressão dessa, pois a existência de vegetação é indicativo que a área encontra-se em processo de regeneração natural e a supressão poderia desestabilizar o atual equilíbrio ecológico da área. Existem diversas formas de disposição das mudas em campo, escolheu-se para execução do PRAD o plantio em linha (Figura 7).

A extensão da área degradada a ser reflorestada possui aproximadamente 20 ha, que contempla toda a área delimitada pela cerca do terreno onde está localizado o lixão municipal. Nessa área serão implantados 320 núcleos de vegetação, onde cada núcleo terá 04 linhas e 04 colunas como ilustra Figura 07. Cada núcleo terá uma área de 225m² e um total de 16 indivíduos vegetais, sendo 08 espécies pioneiras e 08 não pioneiras. O espaçamento entre os núcleos vegetacionais seguirá uma distância de 10m em linhas e 10m em colunas.

Figura 10. Forma de disposição das mudas na implantação da técnica de nucleação.



Fonte: Adaptado de MARTINS, 2009.

Para tanto serão necessárias 5.120 unidades de mudas, sendo 2.560 unidades de espécies pioneiras e 2.560 unidades não pioneiras para o reflorestamento. Dessa forma, implantado o reflorestamento, a área terá 72.000m² de área reflorestada com os núcleos e 128.000m² de área entre os núcleos.

4.2.9 Limpeza do Entorno

A disposição de resíduos em lixões sem o adequado recobrimento diário propicia o arraste eólico de resíduos por uma extensa área do entorno da área utilizada para disposição de resíduos. Recomenda-se realizar uma limpeza das áreas do entorno, retirando o máximo de resíduos dispersos possível. Essa caracteriza-se uma forma de diminuir a poluição e melhorar as condições visuais, amenizando os impactos negativos.

5. CONCLUSÕES

Portanto, observa-se que o presente Plano de Recuperação de Áreas degradadas faz-se necessário no local em análise, devido as suas características atuais demonstrarem a existência de desequilíbrio ecológico, apresentando topografia modificada e alterações no relevo natural.

Para a implantação do referido plano serão necessário as seguintes medidas:

- Delimitação física da área, tendo em vista o controle no acesso à área de disposição de resíduos e contenção dos resíduos que possam eventualmente ser carreados pela ação dos ventos ou quaisquer outras formas de locomoção;
- Sistema de coleta, contenção e recirculação para o percolado (chorume resultante das atividades de decomposição da massa de resíduos);
- Sistema de drenagem dos gases devendo estar distanciados entre si em 70m, totalizando 6 drenos de gás, sendo 05 associados ao dreno central horizontal de lixiviados;
- Compactação da massa de resíduos, adequação das inclinações dos taludes e o recobrimento da massa de resíduos;

- Sistema de escoamento superficial das águas pluviais sobre os taludes da conformação topográfica da área em direção as valetas laterais, dimensionadas para desviar o fluxo adjacente de recursos hídricos;
- Aplicações corretivas como: aragem, gradagem, descompactação, inserção de matéria orgânica, calagem, entre outras ações que venham a deixar o solo apto para a produção vegetal;
- Formação de núcleos ou ilhas de vegetação com alta diversidade através do plantio de mudas de espécies arbustivo-arbóreas na área degradada.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 77p

AMORIM, F. D. A. S.; SANTANA, J. do E. S.; SOUZA, F. Silveira C. de; OLIVEIRA, E. M. de. Elaboração e Execução do Plano de Recuperação da Área Degradada (PRAD) do Complexo Salgadeira Em Chapada dos Guimarães – MT. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG. 2014.

ANDRADE, L.A.P.; GOMES, C.C.; CASTRO, M.A.H. Diagnóstico do abastecimento público por poços tubulares de juazeiro do norte - CE. Águas Subterrâneas. São Paulo, p.1-19, 2005. Anual.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicas e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial. República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. Lei Federal n.º 12.305/2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.985/2000: Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Meio Ambiente (Org.). Caatinga. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

CEARÁ. Ipece. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Demografia. 2016 Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo2/21.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Zoneamento Ambiental do Estado do Ceará: Parte II – Mesorregião do Sul Cearense. Departamento de Recursos Ambientais. Fortaleza, 2006.

GOOGLE. Google Earth. Versão 7. 2015. Imagens da Área do Lixão Municipal de Juazeiro do Norte - 09 de Outubro de 2015. Acesso em: 30 de novembro de 2016.

IBF, Instituto Brasileiro de Florestas -. Lista de espécies: Classificação. Apucarana: 2016. 4 p. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/news/arquivos/lista-especies-ibf.pdf>>. Acesso em: 28 de novembro de 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações completas: Juazeiro do Norte. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=230730>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

MARTINS, S.V. Recuperação de Áreas Degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes, rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 260-270p. ISBN: 978-85-6203-202-8.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>>. Acesso em: 26 de Julho de 2017.

MONT'ALVERNE, A. A. F. (Coord). Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Recife: MME/DNPM, 1996.

PAREJO, Luis Carlos. Caatinga: O ecossistema do sertão nordestino. 2007. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/caatinga-o-ecossistema-do-sertao-nordestino.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

RADAMBRASIL. Mapa geomorfológico. Folha SB 24/25 Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro. Ministério de Minas e Energia, 1981. Escala 1: 1.000.000.

ROCHA, D. R. S.; ROCHA, J. S. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas: Análise da Responsabilidade Ambiental da Mineração Lagoa Seca, Chapada Diamantina-Bahia (Brasil). VII Seminário Internacional Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Socioambiental: “Terra em Transe”. 2015.

SANTOS, R. F. Planejamento ambiental: teoria e prática: Oficina de textos. 2004. 184p.

SILVA, K. L. Recuperação de Áreas Degradadas Pela Mineração: O Caso do Parque Temático Beripoconé (Poconé/Mt). 2010. 32p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Bela Vista. Cuiabá, 2010.

SILVA, S.A.F.; ARAGÃO, M.H.S.; SILVA, G.A.B.; SILVA, T.S.; ALMEIDA, M.M.; SOUZA, N.C. Caracterização de impactos ambientais causados por um vazadouro na Cidade de Mogeiro-PB. Anais do 1o Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia, Campina Grande, 2012.

SOARES, H. Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora - MG, 2013.

VERÍSSIMO, L.S.; AGUIAR, R.B. Comportamento das bacias sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro: Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe. Brasília, 2005. 105 p.

2.5 APLICAÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO NA ANÁLISE DA PNRS: MÉTODO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA

VIEIRA, Igor Fellipe Batista

Pós-graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPEAMB/UFRPE)
igorbvieira@outlook.com

MENDONÇA, Zabele Laís Lyra

Laboratório de Avaliação da Contaminação do Solo da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFRPE)

SILVA FILHO, José Adalbertoda

PPEAMB/UFRPE
adalbertosilva15@gmail.com

SANTOS, João Paulo de Oliveira

PPEAMB/UFRPE
jpos@agro.adm.br

RESUMO

Com o passar dos tempos a humanidade tem sofrido modificações relacionadas ao desenvolvimento desenfreado. Nesse contexto, é preciso que o estado interfira, criando políticas públicas que acompanhem essas mudanças assegurem o desenvolvimento sadio da população. A política nacional dos resíduos sólidos (PNRS) é um instrumento de gestão que visa guiar, de forma sistêmica, o desenvolvimento atrelado a redução de impactos. Utilizou-se assim o método de Ishikawa para avaliar as estratégias e metas da política verificando-se a aplicabilidade da mesma. Foi possível observar que as metas se relacionam diferentes estratégias dentro da PNRS. Observou-se também que as estratégias se posicionam de forma cronológica para atender as metas de cada etapa. Foi estabelecida então, uma relação entre diretriz, meta e estratégia, sendo verificado que o método de Ishikawa é uma ferramenta aplicável e eficiente para observar a aplicabilidade de políticas públicas de meio ambiente, como a PNRS.

PALAVRAS-CHAVE: Políticas Públicas, Instrumentos de Gestão, Diagrama de Causa e Efeito.

1. INTRODUÇÃO

Depois que os recursos naturais passaram a ser vistos como fontes finitas de materiais, a sociedade começou a desenvolver um perfil de interesse para com as atividades de controle da poluição. A gestão ambiental surge como uma alternativa para direcionar, facilitar e organizar os processos de modo a controlar os prováveis impactos. Esta necessidade tem sido uma constante, principalmente em cenários de grandes impactos negativos ao meio ambiente, desta forma, oferecendo riscos ao meio ambiente, e conseqüentemente a sociedade. A geração de resíduos é uma crescente para todos os setores em todas as partes do mundo, no Brasil, de forma mais específica, é um assunto a ser tratado com cautela. O país é um grande gerador de resíduos e, possui políticas públicas que visam a gestão e o controle de todo o resíduo gerado em seu território.

De acordo com (GODARD, 2002). “A gestão de recursos não deve se limitar a apenas uma esfera de tomada de decisão, com os conceitos globais e alternativos de gestão, deve-se abordar também uma visão mais dinâmica de enfoque político, industrial e tecnológico, abordando outras perspectivas para uma intervenção efetiva”. Porém, a implantação de sistemas de gestão estão interligados a implantação de políticas ambientais, auxiliando nesse entendimento temos a NBR 14001 (2004). Essa norma é baseada na avaliação ambiental, identificação de aspectos, impactos, ônus e bônus do processo produtivo, serviços, produtos e atividades da empresa. Dando embasamento para a implementação de ferramentas e estímulo ao desenvolvimento de uma política ambiental, tendo um acompanhamento para posteriores adaptações do sistema.

Para um melhor gerir, de forma a evitar dificuldades de gestão, e até baratear os custos que dificultam a aplicabilidade dos SGA, gestores podem utilizar de ferramentas básicas associadas à gestão da qualidade que garantam um potencial para melhoria na organização, otimização de processos e, conseqüentemente, em uma gestão de qualidade. A aplicabilidade destas ferramentas de gestão depende de uma base de fatos e dados, desta forma, é possível priorizar projetos estabelecendo metas, e, conseqüentemente, facilitando a execução dos objetivos. (BARBOSA, 2011)

Muitas são as ferramentas de gestão, e um sistema de gestão de qualidade, usualmente baseado nas normas ABNT NBR e ISO são fundamentais para os SGA, uma vez que eles oferecem e garantem ferramentas para o monitoramento adequado dos processos. Desta forma, um sistema de gestão de qualidade é um conjunto de elementos integrados na organização, que garantem a execução da política e objetivos de qualidade e gestão, atribuindo qualidade e padronização dos serviços. A intenção maior é agregar valor ao serviço, utilizando uma associação de técnicas e estratégias que consigam deixar claros os pontos fortes e também os pontos que precisam ser tratados. (DANIEL; MURBACK, 2014).

O diagrama de Ishikawa é muito conhecido como diagrama de causa e efeito, seu nome é em homenagem ao engenheiro que o desenvolveu, o japonês Kauru Ishikawa. Sua principal função em seu eixo principal o efeito, no caso o problema gerado, ou possível de acontecer, e em seus eixos secundários as causas que contribuem para o problema ocorrer, levando em consideração todas as etapas do processo. Estas podem estar relacionadas à Mão de Obra, Maquinário, Material, Meio Ambiente, ao Método adotado pela empresa e etc., todos estes se estão adequados ou não ao processo, sendo possível ajustes e mudanças do sistema.

Dentro das ferramentas de gestão, o método Ishikawa surge como uma alternativa prática e de boa utilização na gestão ambiental, pois simplifica processos tidos como complexos, dividindo-os em processos cada vez mais simples, e, conseqüentemente, mais controláveis. Sendo desta forma um método eficaz na procura da origem dos problemas. (SLACK, 2009).

Este método visa compreender a relação que existe entre o produto de um processo e as causas que podem influenciar esse produto ou resultado. Durante o levantamento e construção do diagrama de Ishikawa o número de causas pode ser diverso, mas, são divididos em categorias ou famílias de causas para o tratamento e compreensão das mesmas. (WERKEMA, 1995)

O presente artigo objetiva associar uma das ferramentas de gestão mais conhecidas, o diagrama de causa e efeito de Ishikawa, com sua aplicabilidade na Política Nacional de Resíduos Sólidos, de uma forma geral, visando mostrar que as políticas públicas também são sistemas de gestão, e que, a ferramenta pode ser aplicada para organizar, de forma cronológica as estratégias, metas e a grande diretriz da política.

O Brasil vem tomando medidas como o estímulo a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que engloba medidas que vão desde projetos de drenagem urbana e saneamento, coleta de lixo e a construção de Aterros Sanitários para a disposição final desses resíduos, influenciando diretamente na qualidade de vida da população que sofre constantemente com doenças infecto contagiosas pela falta de alguns ou de todos esses serviços, que são considerados como básicos, com o intuito de fortalecer o processo de políticas públicas.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos abarca o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, visando à minimização do volume de resíduos sólidos e de rejeitos gerados, assim como a redução dos impactos ocasionados à qualidade ambiental e à saúde humana, decorrentes do ciclo de vida do produto define-se como a série de etapas que abrangem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final. (BRASIL, 2012)

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As sociedades, ao longo da história, passaram por muitas modificações e com estas, também houve a necessidade de criar normas que gerissem esse convívio, o que quer dizer, regras para utilização de espaços comuns, para exploração de recursos, para gestão pública, diretrizes do que é permitido ou não na sociedade, evitando assim maiores conflitos. Normas estas que estão sempre sendo revistas, pois é necessário continuar se adaptando a sociedade que cresce e amplia suas necessidades. Todo esse desenvolvimento, trás consigo o que hoje é um grande problema, a geração de resíduos e sua disponibilidade.

Acerca da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010 que altera a Lei 9.605/1998, bastante recente, tem em seus objetivos a redução de resíduos sólidos, com o estímulo hábitos sustentáveis, aumento da reciclagem e reutilização da parcela que pode ser reaproveitada e aquilo que não pode ser reaproveitado, dando a destinação ambientalmente adequada. Extinção dos

lixões a céu aberto, estimulando municípios com apoio do estado e da união a instalação de aterros sanitários, permitindo a abertura de parcerias para esse planejamento, estimulando cooperativas de coleta seletiva para os materiais recicláveis e reutilizáveis.

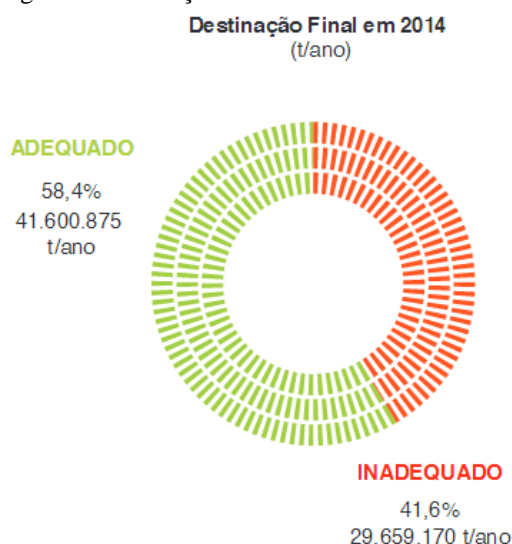
Art. 4º A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Art. 5º A Política Nacional de Resíduos Sólidos integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, com a Política Federal de Saneamento Básico, regulada pela Lei nº 11.445, de 2007, e com a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.

2.1. Os Resíduos Sólidos no Brasil

Considerando o panorama de desenvolvimento econômico, aumento da população, necessidade de urbanização e todo desenvolvimento tecnológico, fatores que estão diretamente ligados a alteração do padrão de consumo da população causas das alterações no nosso estilo de vida. Tudo converge para o aumento de produção de resíduos sólidos não biodegradáveis, principalmente nos grandes centros urbanos. Trazendo ainda maior risco pela diversificação da sua composição, pois são elementos que podem ocasionar danos aos ecossistemas e à saúde humana, por conter elementos perigosos e elementos sintéticos. Lembra-se que no Brasil ainda não temos um sistema de coleta e destinação dos resíduos sólidos de forma tão abrangente quanto o esperado, para se evitar esses riscos, Como podemos verificar na figura 1 com dados mais recentes sobre a quantidade em porcentagem dessa destinação.

Figura 1. Destinação final dos Resíduos Coletados no Brasil.



Fonte: Abrelpe, 2014

Merecem destaque os números relacionados à destinação final dos resíduos coletados, cuja pesquisa revelou que 58,4% tiveram destinação adequada e seguiram para aterros sanitários em 2014, praticamente sem alteração do cenário o registrado no ano anterior. Nesse sentido. É importantes ressaltar que os 41,6% restantes correspondem a 81 mil toneladas diárias, que são encaminhadas para lixões ou aterros controlados, os quais pouco se diferenciam dos lixões, uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. (ABRELPE, 2014)

Observa-se que a cada 10 Kg de lixo gerado no Brasil, 4,16 Kg tem destinação inadequada. Isto é, lixões a céu aberto, corpos hídricos, áreas abandonadas (terrenos baldios) locais impróprios com grande potencial de propagação de contaminação, causando problemas como proliferação de vetores. Além de a decomposição gerar chorume e gases tóxicos, comprometendo solos, águas (superficial e subterrâneas) afetando a saúde humana e a qualidade de vida de moradores das regiões afetadas. Nas figuras 2 e 3 podemos observas a exemplo do que ocorre hoje no Brasil, sendo apenas uma parcela do problema, afinal não conseguiríamos demonstrar o problema como um todo.

Neste sentido, ressalta-se a importância das soluções consorciadas para tratamento e disposição final dos rejeitos dos resíduos sólidos entre municípios, como, por exemplo, para a construção de aterros sanitários. Essa tecnologia de disposição final é adequada e segundo a tabela 1 representa ainda 27,1% das municipalidades brasileiras. O restante, composto por 22,5% (aterros controlados) e 50,8% (lixões), totalizando 73,3%, ainda necessita de financiamento e recebimento de recursos para a execução de obras e operação & manutenção para destinação final ambientalmente adequada de seus resíduos sólidos. Por essa razão, dada a sua importância, de agora em diante, apresentam-se, na presente obra, os planos de gestão integrada de resíduos sólidos. (BARROS, 2013)

Tabela 1. Destino Final dos Resíduos Sólidos, por unidade de destino dos resíduos, de 1989/2008.

Ano	Destino Final dos Resíduos Sólidos, por unidade de destino dos resíduos (%)		
	Vazadouro a céu aberto	Aterro controlado	Aterro sanitário
1989	88,2	9,6	1,1
2000	72,3	22,3	17,3
2008	50,8	22,5	27,7

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de população e indicadores sociais, PNSB 1989; PNSB 2000; IBGE (2010) (*apud* BARROS, 2013)

Figura 2: Imagem de um lixão a céu aberto.



Fonte: <http://ideiaweb.org/?p=7275>, acesso: 25/05/2017, às 19:40.
 Figura 3. Lixo jogado diretamente em corpos hídricos superficiais.



Fonte: <http://www.alagoasultimahora.com.br/noticia/Riachos-perdem-funcao-social-e-viram-esgotos-a-cu-aberto-em-Maceio/58105>, acesso: 25/05/2017, às 19:40.

Vemos através das imagens 2 e 3 uma parcela do dano que causa a má destinação dos resíduos sólidos, poluição do ar, com a liberação de gases pela decomposição de compostos orgânicos, mas como não se tem controle do que se deposita nesses lugares, também há a presença de compostos químicos nocivos a saúde e ao meio ambiente. Poluição do solo, Contaminação de lençóis freáticos com a infiltração, percolação e transporte para camadas mais profundas do chorume, líquido negro que sai dessa decomposição. Mas também dano a águas superficiais, como ocorre em grandes cidades, onde o rio passa por dentro do centro urbano, lançamento de esgotos domésticos e lixo, transformando em córregos de lixo a céu aberto.

2.2. Política Nacional dos Resíduos Sólidos

A PNRS objetiva sanar o problema com a disposição dos resíduos sólidos, aos quais vêm causando ao longo de anos às cegas. Estimulo ao consumo sustentável, reutilização, reciclagem medidas para reduzir o volume do que se joga fora como lixo, tentando direcionar nosso consumo para um consumo menos destrutivo ao meio ambiente. Para isso incentiva a criação de cooperativas para reciclagem, estimulando uma geração de emprego com condições mais salubres e dignas para as famílias que dependem desse setor.

Segundo Lei 12.305, Art. 7 X- regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007.

A necessidade da gestão integrada de resíduos sólidos, participação de governos federal, estaduais e municipais estímulo a convênios intermunicipais para a construção de aterros que sirvam para microrregiões. Tendo sempre em vista um trabalho contínuo com participação de todos para o bom funcionamento de sistema, lembrando sempre da participação da sociedade e indústrias estimulando uma produção mais limpa e sustentável nos processos.

2.3. Ferramenta de Gestão, Método Ishikawa, Método Ishikawa x PNRS

Segundo (BRUM, 2013). “No decorrer das descrições acerca de análises de políticas públicas e sobre as ferramentas de gestão, observa-se a possibilidade de aplicação dos instrumentos de gestão citados na análise de políticas públicas. Sendo assim existe a possibilidade da aplicação como processo avaliativos de políticas públicas, auxiliando na sua avaliação, no controle dos desvios, fortalecendo a aplicação dessas políticas.

Esta ferramenta consiste em uma forma gráfica usada como metodologia de análise para representar fatores de influência (causas) sobre um determinado problema (efeito). Também é denominada de Diagrama de Ishikawa, devido ao seu criador, ou Diagrama Espinha de Peixe, devido à sua forma (MIGUEL, 2006).

A aplicação do método Ishikawa para Política Nacional de Resíduos Sólidos consiste em avaliar o problema que é a gestão entre geração, coleta e destino final, considerando nesse diagrama também um dos preceitos da PNRS que é o estímulo a coleta seletiva e logística reversa, para assim colaborar com a vida útil dos aterros, otimizando o seu armazenamento, sendo esse lixo seco o que mais gera volume. Logo, identificando o problema, que é essa destinação do lixo, buscar identificar as principais causas do problema, que é o alcance a coleta em sua totalidade e construção de aterros, traçando planos e metas para eliminação desses problemas.

É necessário esclarecer que na implantação de políticas públicas, que envolve um conjunto muito grande de atores, desde o governo, a contratação de empresas, treinamento de pessoal, conscientização da população, questões jurídicas e outros. Podendo ser insuficientes o uso das Ferramentas de Gestão, pois são muitas variáveis existentes no processo. Mesmo com essa limitação, é válido ressaltar que as ferramentas de gestão podem contribuir com todo o processo desde a sua formulação, passando pela aplicação e a avaliação da sua eficácia, sendo assim abrangendo a sua forma de controle de erros e ineficácia.

3. METODOLOGIA

O artigo propõe um enfoque estratégico de análise descritiva, baseando-se no uso de uma ferramenta de gestão associada a políticas públicas, neste caso, o diagrama de Ishikawa e a PNRS. O estudo foi realizado através de pesquisa, análise, averiguação e interpretação dos dados mostrados na PNRS, e, obviamente, na observação do funcionamento de uma ferramenta de gestão na política nacional dos resíduos sólidos.

O artigo corresponde a uma abordagem qualitativa, que utilizou artigos, livros, normas, legislações e decretos para os meios de análise e embasamento teórico do trabalho. Dentro da política nacional dos resíduos sólidos, atribuiu-se os instrumentos estabelecidos no capítulo 3 da mesma como as estratégias para alcançar as metas propostas para a execução da diretriz no diagrama.

Desta forma, estabeleceu-se o norte da pesquisa com uma diretriz. Baseando-se na PNRS, observou-se as ferramentas que precisam ser tomadas para que a diretriz seja alcançada. Tanto a diretriz como as estratégias foram extraídas da Política nacional de resíduos sólidos, Lei 12.305/10, a

partir do seu capítulo 3. Este capítulo trata dos instrumentos da política, eles devem auxiliar na gestão e gerenciamento dos resíduos, e definidos em certa ordem de prioridade, para que, o grande objetivo de exterminar os depósitos irregulares seja possível.

Como o diagrama de Ishikawa é uma ferramenta utilizada para identificar causas que levam a um problema, resultado ou efeito, utilizou-se seu escopo com os instrumentos da política nacional dos resíduos sólidos, uma vez que esses instrumentos levam em consideração materiais, métodos e mão de obra a serem utilizados. Assim, espera-se construir uma estrutura que facilite o entendimento do uso destes instrumentos e sua importância na PNRS, compreendendo como o grande problema pode ser solucionado.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Dentro da Política nacional de resíduos sólidos, existem abordagens e diretrizes estratégicas que serão adotadas para que todas as estratégias estabelecidas sejam alcançadas. As diretrizes são separadas através de setores específicos e definidos pelas suas especificidades: seja de geração de resíduos, de gestão, ou ambos. Desta forma, estão diretamente envolvidos nessa estratégia o estado, a sociedade e os geradores de resíduos sólidos, e, assim, todos compartilham de responsabilidade para execução da PNRS. Portanto, a diretriz do estudo é o objetivo principal da política: eliminar os depósitos irregulares e instaurar a coleta seletiva. O quadro 1 delimita as diretrizes e estratégias definidas a partir das ferramentas estabelecida no capítulo 3 da política nacional dos resíduos sólidos.

Quadro 1. Diretrizes e estratégias da PNRS

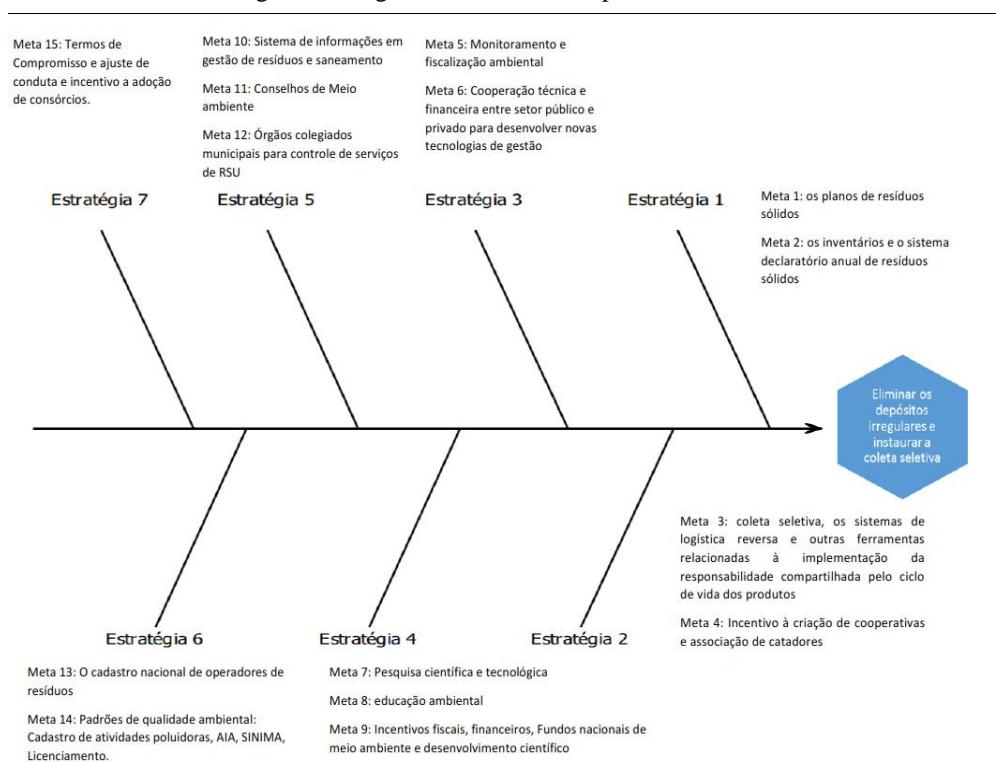
Diretriz: Eliminar os depósitos irregulares e instaurar a coleta seletiva
Estratégia 1: os planos de resíduos sólidos
Estratégia 2: os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos
Estratégia 3: coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos
Estratégia 4: Incentivo à criação de cooperativas e associação de catadores
Estratégia 5: Monitoramento e fiscalização ambiental
Estratégia 6: Cooperação técnica e financeira entre setor público e privado para desenvolver novas tecnologias de gestão
Estratégia 7: Pesquisa científica e tecnológica
Estratégia 8: educação ambiental
Estratégia 9: Incentivos fiscais, financeiros, Fundos nacionais de meio ambiente e desenvolvimento científico
Estratégia 10: Sistema de informações em gestão de resíduos e saneamento
Estratégia 11: Conselhos de Meio ambiente
Estratégia 12: Órgãos colegiados municipais para controle de serviços de RSU
Estratégia 13: O cadastro nacional de operadores de resíduos
Estratégia 14: Padrões de qualidade ambiental: Cadastro de atividades poluidoras, AIA, SINIMA, Licenciamento.
Estratégia 15: Termos de Compromisso e ajuste de conduta e incentivo a adoção de consórcios

As estratégias pretendem, associadas a outras medidas definidas na lei, ancorar recursos através do poder público e medidas de gestão, assistência, serviços, políticas públicas, incentivo a pesquisa científica e tecnológica para a execução das metas observadas.

O diagrama de Ishikawa (Causa e efeito) avaliou as estratégias para execução das metas estabelecidas pela PNRS. Relacionou os princípios propostos da ferramenta de gestão aos objetivos propostos na política, e considerou-se, portanto, a análise de estratégias e metas como processos primários e secundários, respectivamente.

Carvalho, Abreu e Alves (2015) enfatizam que a funcionalidade dessa ferramenta de gestão ajuda na percepção das causas e na sua análise como forma de estabelecer medidas para solução de um problema geral. Utilizou-se essa ferramenta de gestão para verificar o relacionamento entre os resultados esperados (efeito) e os processos para chegar ao produto final (causas), baseados na análise em relação entre as estratégias estabelecidas para atender a diretriz e as metas elencadas pelo governo para os resíduos sólidos no país. Elaborando-se assim, um grande diagrama de causa e efeito. Com isso, nota-se que a aplicação do método de Ishikawa permite visualizar se as metas estabelecidas pela política estão posicionadas de forma a atender os objetivos estabelecidos pela lei. Na figura mostra-se o diagrama elaborado.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa Aplicado a PNRS.



Fonte: Autores.

Nesta linha de pensamento, o diagrama de Ishikawa se apresenta como uma alternativa forte que relaciona as estratégias, diretrizes e metas definidas pela PNRS, que são, conseqüentemente, indicadores dos resultados a serem analisados pelo estado. O diagrama foi usado para análise do problema e, principalmente, para checar se as metas estão adequadas com as estratégias estipuladas. Observando a diretriz através do diagrama de causa e efeito de Ishikawa, é possível identificar que as metas se relacionam na PNRS a diferentes estratégias dentro da diretriz estabelecida, e, se relacionam também entre si, uma vez que muitas das metas dialogam. Esta observação deve ser vista com um grande pró e contra.

Como prós, percebe-se que o caminho para alcançar o objetivo se apresentam de forma clara, mostrando que o estado organizou a grande diretriz em metas cronológicas, que podem, se cumpridas, levar a eficiência da gestão dos recursos e resultados que se propõe na política. A aplicação do método permite também que ocorra uma padronização dos processos de forma a otimizar tempo e gerir o tempo de forma mais eficiente, como descreve(BAZONI et al., 15).

Como um contra, nota-se também através da aplicação do diagrama que, se por alguma razão, uma meta não for cumprida, vai se tornar difícil identificar quais estratégias interferiram no sistema como um todo. Uma forma de melhor administrar os resultados e de rastreá-los, dentro do mecanismo de gestão seria adotar estratégias mais específicas para as metas relacionadas na execução dessa grande diretriz.

5. CONCLUSÕES

Foi possível verificar a possibilidade de uma direção sequencial com a aplicação do método de Ishikawa para a PNRS, principalmente no levantamento do problema principal determinado, que foi eliminar os lixões, e a sua relação com as atribuições possíveis para solucionar esse problema geral, através das estratégias. Observou-se que método de Ishikawa pode ser usado nas avaliações de políticas públicas, e, principalmente na avaliação de políticas públicas ambientais, pois possibilita uma análise sistêmica de resultados que serão guias de um melhor planejamento.

REFERÊNCIAS

ABRELPE , Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2014 p 38.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 14.001:2004. Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Disponível em <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1547>.

BARBOSA, Priscila Pasti et al. Ferramentas de Qualidade no Gerenciamento de Processos. Vii Epcc, Encontro Internacional de Produção Científica, Maringá, v. , n. 2011, p.1-5, out. 2011.

BARROS, R.M. Tratado Sobre Resíduos Sólidos; Gestão, Uso e Sustentabilidade. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2013 p 6-7.

BAZONI, A.A.F. et al. Implantação do diagrama de ishikawa em uma empresa do segmento de tintas e materiais para construção, para solucionar problemas de estocagem e recebimento. Gestão em Foco, São Paulo, v. 2015, n. 7, p.227-238, dez. 15.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política nacional de resíduos Sólidos 2ª Edição, 18 de maio de 2012; Altera a Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providencias. Diário Oficial da União, Brasília, DF,18 de maio de 2012. Seção II. p 28

BRUM, T.C. Oportunidades da Aplicação de Ferramentas de Gestão na Avaliação de Políticas Públicas: O Caso da Política Nacional de Resíduos Sólidos para a Construção Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG. Fevereiro de 2013. P 33.

CARVALHO, Wagner Jose Sousa; ABREU, Everton de Sousa; ALVES, Maria Caroline Pereira. Análise e aplicabilidade de ferramentas básicas da qualidade como auxílio na melhoria do processo produtivo: estudo de caso em uma indústria de confecção. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producao: Perspectivas

Globais para a Engenharia de Produção, Fortaleza, v. 2015, n. 35, p.1-16, out. 15. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_228_28201.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

DANIEL, Érika Albina; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzeli. Levantamento Bibliográfico do uso das Ferramentas de Qualidade. Gestão e Conhecimento, Poços de Caldas, v. 2014, n. 08, p.1-.43, dez. 2014.

_____, Decreto nº 7404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305 de agosto de 2010, que Institui a Política nacional de resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para Implantação dos sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010. Seção 1, Edição Extra.

GODARD, Olivier. A gestão integrada dos recursos naturais e do meio ambiente: conceitos, instituições e desafios de legitimação. In VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (orgs.). Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 2002, p. 201-266.

MIGUEL, P.A.C. Qualidade: enfoques e ferramentas. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006 p 144.

SLACK,N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção; Revisão técnica Henrique Corrêia, Irineu Giarasi. São Paulo: Atlas, 2009.

WERKEMA, M.C.C. Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

2.6 APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA NA IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA CERÂMICA

MARINHO, Gêssica de Paula Alves

Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais da Universidade Federal Rural de Pernambuco
(CITAR/UFRPE)
gessica.marinho1993@gmail.com

LORENA, Emmanuelle Maria Gonçalves

(CITAR/UFRPE)
emmanuelle@lorenas.com.br

BEZERRA, Ana Paula Xavier de Gondra

(CITAR/UFRPE)
anapaula.gondra@gmail.com

HOLANDA, Romildo Morant de

(CITAR/UFRPE)
romildomorant@gmail.com

RESUMO

No Brasil, a indústria cerâmica, representa importante papel na economia do país, com atuação estimada em 1% no PIB, sendo bastante representativa nas obras de construção, devido à produção material como telhas, blocos e tijolo. O objetivo desse trabalho consistiu em um estudo de caso para identificar e classificar com a aplicação do diagrama de Ishikawa, desenvolveu-se em uma indústria de cerâmica, localizada na cidade de Caruaru, PE. A aplicação do Diagrama foi bastante eficaz para identificar resíduos do processo, pois a divisão por categorias facilita a identificação das não conformidades. Ao verificar alguns tipos de resíduos do processo de produção de telhas, pode-se visualizar a classificação desses resíduos, de acordo com a NBR 10.004/2004. Conclui-se que a utilização de ferramentas da qualidade aplicada na gestão ambiental é uma forma rápida e eficaz para auxiliar o gerenciamento dos resíduos sólidos e direcionar as ações para minimizar o problema.

PALAVRAS-CHAVE: Conama, Classificação de Resíduos, Ferramenta de Qualidade.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria cerâmica representa um importante papel na economia do país, com atuação estimada em 1% no PIB (Produto Interno Bruto). O desempenho das indústrias brasileiras, em função da fartura de matérias-primas naturais, fontes de energia e disponibilidade de tecnologias atrelada aos equipamentos industriais fez com que diversos tipos de produtos do setor atingissem um degrau significativo nas exportações do país (OLIVEIRA; MAGANHA, 2006).

A indústria da cerâmica vermelha é bastante representativa nas obras de construção, devido à produção materiais como telhas, blocos e tijolos amplamente utilizados devido à questão cultural, além de ser um material de baixo custo e com grande valor agregado como as propriedades acústicas, isolamento térmico, e outros (PAZ; MORAES; HOLANDA, 2013).

O país possui importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico, cuja produção está centralizada principalmente nas regiões sudeste e sul, onde estão estabelecidos os maiores polos cerâmicos do país. No entanto, outros lugares têm apresentando um progresso com relação a essa indústria, em especial o Nordeste, sendo atrelado, à existência de matéria-prima, energia viável e mercado consumidor em desenvolvimento (ANFACER, 2012; BNB 2010).

É importante destacar que a construção civil é um dos setores de intenso consumo dos recursos naturais, como também uma grande geradora de resíduos sólidos (HOLANDA; SILVA, 2011). O grande desperdício, o esgotamento dos recursos naturais, o impacto ambiental e a busca de recursos financeiros para a gestão de resíduos justificam ações na caçada de soluções a fim de um ambiente mais sustentável (DIAS, 2004).

Segundo Morais et al. (2015) afirmam que a indústria de cerâmica gera em seu processo um grande número de perdas o que reflete na quantidade de resíduos industriais gerados e que muitas vezes pode apresentar um potencial de reutilização inclusive no processo. Por isso, a necessidade da realização de um gerenciamento de resíduos adequado, pois isso poderá minimizar a degradação ambiental, como também a avalia o potencial de uso desses materiais em outras atividades.

O trabalho consiste em um estudo de caso para identificar e classificar os resíduos sólidos com a aplicação do diagrama de Ishikawa, em forma gráfica, na análise do processo de fabricação de telhas cerâmicas, em Caruaru no estado de Pernambuco, Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Conhecida, também como cerâmica estrutural, a indústria da cerâmica vermelha integra o setor dos minerais não metálicos da indústria da transformação mineral, fazendo parte do conjunto de cadeias produtivas que compõem o complexo da construção civil (FRASSON et al, 2016). O mesmo autor afirma que esse segmento utiliza, fundamentalmente, a argila como principal fonte de matéria-prima, com a produção, em 2013, de 70,8 bilhões de peças cerâmicas.

A indústria cerâmica vermelha produz uma variedade de materiais, tais como blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, lajotas e tubos, além de produtos para fins diversos como argilas

expandidas, objetos ornamentais e utensílios domésticos (GARCIA et al., 2015). Esse setor pertence ao grupo de indústria de transformação de minerais não-metálicos e servem, principalmente para fabricação de utensílios para construção de coberturas, estruturas e paredes (GALVÃO NETO; SILVA, 2014).

A construção civil contribui positivamente na geração de empregos, segundo CBIC (2014), o setor de construção civil empregou 8,67% das pessoas ocupadas no Brasil; porém tem uma colaboração negativa quanto à utilização intensa de recursos naturais, bem como na geração de resíduos. A geração de resíduos eleva-se quando ocorre a ausência de execução de serviços construtivos de forma não racionalizada, conforme Silva Filho (2005), 63% dos Resíduos de Construção Civil no Brasil são oriundo de argamassa e 29% de blocos e concreto, insumos para execução da alvenaria.

O setor de construção civil é o responsável pelo grande volume do uso dos recursos naturais o que pode acarretar poluição do meio ambiente. De acordo com Holanda & Silva (2011) “os impactos associados à degradação ambiental causada pela indústria cerâmica são: formação de áreas degradadas, desmatamento, assoreamento, erosão das margens dos rios, poluição atmosférica, dentre outros aspectos”.

Segundo Silva et al. (2015) com relação à matéria-prima, há ampla possibilidade de absorver resíduos de outras indústrias para ser incorporado no processo, dadas sua durabilidade, possibilidade de reutilização ou reciclagem ao final da vida útil e seu baixo conteúdo energético. Assim, um processo de gestão de obra eficiente possibilita alcance de parâmetros de custo, tempo, recursos e qualidade, pois qualquer ineficiência do sistema acarreta perdas. As perdas devem ser acompanhadas e controladas como medida de garantia da redução dos impactos ao meio-ambiente, além da necessidade de aprendizagem e conscientização ambiental, Diniz et al. (2013).

Neste cenário, é importante o desenvolvimento do gerenciamento de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2015) desenvolvendo ações que minimizem os impactos ambientais e preservem os recursos naturais. Conforme a Resolução Conama Nº 307/2002 no art. 2º inciso V, o gerenciamento de resíduos tem por objetivo reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e plano.

Os resíduos provenientes as indústrias cerâmicas são citados na resolução do CONAMA nº 313 (2002) está sujeito à elaboração do inventário de resíduos sólidos industriais. Uma forma de auxiliar no processo de detalhamento do processo para identificar as possíveis causas da geração dos resíduos sólidos é a utilização das ferramentas da qualidade que auxiliam na gestão ambiental. Conforme Carpinetti (2010), o efeito deve ser indesejado ao processo, servindo de guia para a identificação da causa fundamental desse problema e para a determinação das medidas corretivas.

Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Causa e Efeito ou Espinha de Peixe foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, da Universidade de Tóquio, em 1943, utilizado para explicar a um grupo de engenheiros como vários fatores podem ser ordenados e relacionados (MOURA, 1994; SANTOS; GUIMARÃES; BRITO, 2013). Pois fornece uma técnica simplificada para descobrir os fatores de causa que impedem o funcionamento suave dos processos, assim qualidade, custo e

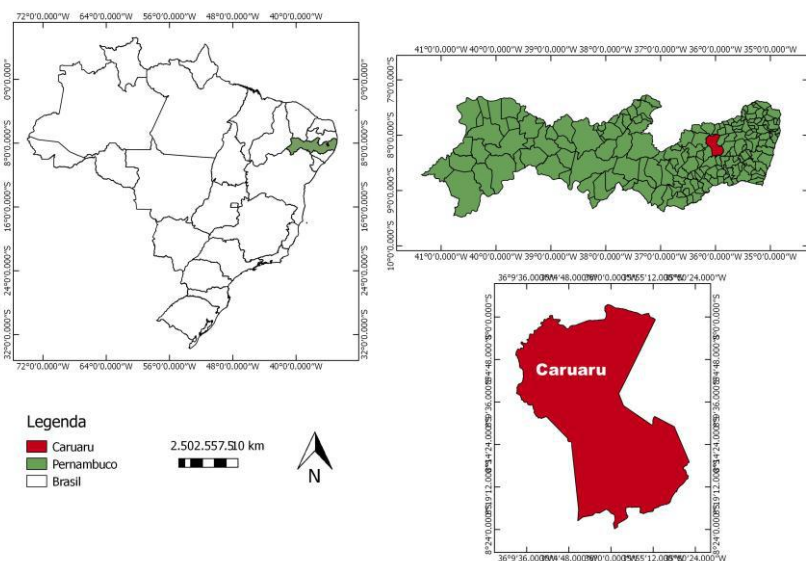
produtividade são efeitos ou resultados deste controle de processo (ISHIKAWA,1993). Sendo assim, demonstra a relação direta entre um efeito e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que ele ocorra (SEBRAE, 2005).

Behara e Gundersen (2001) afirmam que não são todos os programas e ferramentas da qualidade que se encaixam adequadamente para todas as organizações. O nível das condições e desempenho da gestão influi e às vezes determina quais deles devem ser aplicados. Segundo Luz et al. (2016) a utilização do diagrama Ishikawa na indústria canavieira possibilita a utilização de técnicas, medidas e práticas que podem ser adotadas desde o início do processo agrícola até a destinação dos resíduos gerados na produção de modo a aumentar a eficiência do sistema respeitando as questões trabalhistas e ambientais.

3. METODOLOGIA

O trabalho desenvolveu-se em uma indústria de cerâmica que produz telhas cerâmicas, localizada na cidade de Caruaru, PE (Figura 1), através de um estudo de caso realizado por meio de visita técnica realizada em dezembro de 2016.

Figura 1. Localização do município de Caruaru – PE.



Nessa visita foi realizado o mapeamento do processo e identificação dos resíduos gerados durante o processo de fabricação, com geração de fluxograma das atividades. Após essa coleta de dados aplicou-se a diagrama de Ishikawa seguindo as categorias focadas nos termos 6M (BACIC & BORTOLOZZO JÚNIOR, 2007) (quadro 1). Segundo Holanda e Pinto (2009), estas relações podem ser divididas em categorias ou famílias de causas. As categorias, o que se denomina 6M pelo fato que essas categorias iniciam com a letra M, apresentadas são: Máquina, Mão-de-obra, Medida, Método, Matéria-prima e Meio, (PMI, 2013).

Quadro 1. Categorias e Focos.

AS CAUSAS TÊM FOCO EM:	
Matéria-prima	Especificações adequadas e na procura de parcerias com os fornecedores para obter matéria-prima e insumos com a mesma qualidade.
Máquina	O desperdício com maquinário (equipamentos) deve ser avaliado, pois envolve altos investimentos.
Mão-de-obra	Identificar a competência necessária dos colaboradores que executarão cada trabalho e proporcionar treinamento adequado para satisfazer essas necessidades.
Medida	Processo e produtos cumpram os requisitos.
Meio-ambiente	Preocupação dos efeitos de suas operações sobre o meio ambiente.
Método	Aspectos com a padronização deve ser trabalhado.

Fonte: Adaptado de Bacic e Bortolozzo Júnior (2007).

Considerada uma técnica utilizada que demonstra a relação direta entre um efeito e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que ele ocorra (SEBRAE, 2005; PMI, 2013).

4. RESULTADOS

Na produção de produtos cerâmicos, o processo produtivo passa pelas seguintes etapas: extração das matérias-primas, misturador (preparação da argila), laminador, moldagem, secagem, esmaltação (produtos esmaltados), queima, resfriamento e estocagem (figura 2). Processo semelhante ao que foi verificado por Camara et al. (2015) na análise realizada do processo de uma indústria de cerâmica vermelha em Santa Catarina que verificou as seguintes etapas: extração de argila, sazonalidade, preparação da massa, conformação, secagem e a queima.

Paz et al. (2014) identificou, de uma maneira genérica, o processo produtivo da cerâmica vermelha, apresentando na sua abordagem as seguintes etapas: extração, beneficiamento de matéria-prima, conformação e tratamento térmico. O que difere dessa pesquisa que apresentou uma análise do ciclo produtivo de uma forma mais detalhada. Já Moraes (2014) verificou em seu estudo em uma indústria de cerâmica no município de Paudalho, as seguintes etapas no processo produtivo: caixão alimentados; desintegrador; laminador 01; laminador 02; maromba; cortador; automatismo ou vagões; pulmão; secador; forno hoffmann ou forno tunél e; estoque/expedição.

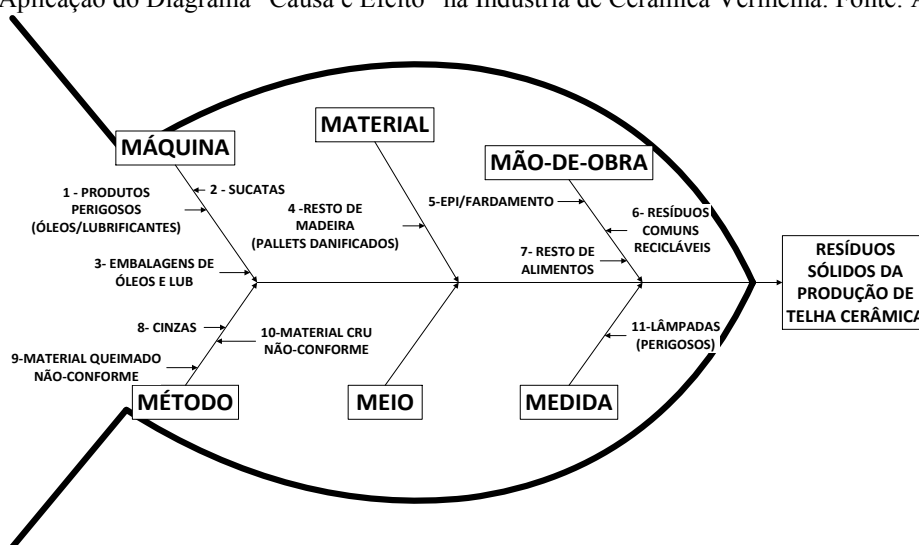
Com relação à extração da argila ocorre, geralmente, em jazidas próximas ao local de produção, que nesse caso fica nas dependências da indústria. De acordo Santos (2016) após a matéria-prima ser recebida, ela é misturada com as demais argilas, com o objetivo de obter níveis desejados de óxido de ferro, adquirir maior resistência na etapa de secagem, bem como maior resistência ao produto final.

O próximo passo é o laminador que consiste no direcionamento de partículas das argilas, ou seja, elimina as bolhas de ar ou qualquer outro agregado que tenha permanecido (SANTOS, 2016; FEAM; FIEMG, 2013).

Após isso, vem à moldagem que determina o formato da peça por meio do molde, gerando o objeto na forma desejada. De acordo com Feam e Fiemg (2013) esta etapa é responsável por mais de 15% do custo da produção, devido ao consumo de energia e desgastes dos equipamentos. Em seguida, temos a secagem que se dá de duas formas: a natural e a artificial. Sirremes Pinto et al. (2014) afirma que este processo tem como objetivo retirar partículas de água do corpo cerâmico formado.

Na etapa seguinte, tem-se a queima no qual pode-se observar a entrada de outra matéria-prima que é a lenha. Nesse passo os são submetidos a temperaturas elevadas, que para a maioria dos produtos situa-se entre 800° C a 1.000° C, para adquirirem suas propriedades finais (FEAM & FIEMG, 2013). Ao final, as peças são inspecionadas, em um pátio, para retirada de peças com defeitos e as que estavam em boas condições vão para estocagem e posteriormente segue para expedição. Após o conhecimento do processo da indústria, foi possível a aplicação do diagrama de Ishikawa o qual apresenta os principais resíduos no setor de cerâmica vermelha (Figura 3).

Figura 3. Aplicação do Diagrama “Causa e Efeito” na Indústria de Cerâmica Vermelha. Fonte: Autor, 2017.



Fonte: autor (2017).

Ao verificar os tipos de resíduos provenientes da produção de telhas, pode-se visualizar a classificação desses resíduos identificados, de acordo com a NBR 10.004/2004. Essa norma afirma que os resíduos são classificados em: a) resíduos classe I - Perigosos; b) resíduos classe II – Não perigosos, sendo: – resíduos classe II A – Não inertes. – Resíduos classe II B – Inertes (Quadro 2).

Quadro 2. Resíduos identificados e a respectiva classificação de acordo com a NBR 10.004/2004.

Resíduos Identificados	Classificação
1 – Resíduos de óleos e lubrificantes	Classe I
2 – Sucatas	Classe II B
3 – Embalagens de óleo e lubrificantes	Classe I
4 – Resto de Madeiras	Classe II B
5 – EPI/Fardamentos	Classe II A
6 – Resíduos comuns recicláveis (papel, plástico, vidro e metal)	Classe II A
7 – Resto de Alimentos	Classe II A
8 – Cinzas	Classe II A
9 – Material queimado não conforme	Classe II B
10 – Material cru não conforme	Classe II B
11- Lâmpadas	Classe I

Nota-se que a maioria dos resíduos identificados foram enquadrados como classe II, não perigosos. Com relação aos resíduos classe I, considerados perigosos, o volume verificado foi considerado baixo, necessitando de um local temporário e adequado para armazenamento e posterior destinação adequada, como sugere o Conama nº 362/2005.

Os resíduos classificados como classe II A, apresentaram-se em maior volume na empresa analisada, devendo seguir as diretrizes da Resolução Conama nº 275/2001. Alguns destes resíduos podem ser incorporados na matéria-prima ou utilizados para outros fins. Segundo com Nunes (2012), os resíduos podem ser utilizados como aterro no local, principalmente para recuperar áreas de extração esgotadas e substituir produtos com variação na qualidade, porém devem atender às normas técnicas pré-venda como material de 2ª linha para usos menos nobres, como muros ou paredes rebocadas.

Com relação às cinzas dependendo do material utilizado como combustível a lenha pode ter outro tipo de classificação. Mas no geral as cinzas constituem um tipo de resíduo, contendo inclusive metais, que pode causar poluição do ar e ser responsável por graves problemas respiratórios na população e aos trabalhadores (BORLINI et al., 2005).

Os resíduos de Classe IIB, os inertes, podem ser encaminhados para outra utilização, sendo vendidos ou doados. Paz, Moraes e Holanda (2013) afirmam que a indústria da cerâmica vermelha é responsável por produzir uma quantidade significativa de rejeitos, podendo chegar a 10% do total da produção da indústria.

Na pesquisa de Galvão Neto e Silva (2014), os autores conseguiram identificar baseado nas literaturas disponíveis, os seguintes resíduos: produtos perigosos (óleo lubrificante), cinzas, material cru não conforme, produto final fora de especificação e resíduos comuns recicláveis. Percebe-se que grande parte dos resíduos que eles identificaram podem ser visualizados nessa pesquisa e a origem desses resíduos ficou mais clara com a aplicação do diagrama.

A aplicação do Diagrama de Ishikawa foi bastante eficaz para identificar os resíduos do processo, pois a divisão por categorias facilita a identificação das não conformidades. Segundo Costa e Melo (2014) um dos principais impactos são os resíduos gerados proveniente das perdas do produto devido a falhas na qualidade da peça acabada ou semiacabada. Além desses resíduos identificados nesse trabalho, Paz et al. (2014) identificou um resíduo proveniente da estocagem do produto final, que no caso, trata-se de cacos do produto devido ao armazenamento errado ou ao manuseio.

De acordo com a avaliação dos aspectos na indústria da cerâmica os mais significativos para o gerenciamento ambiental são: energia elétrica, matéria-prima, recursos humanos e recursos naturais (NUNES, 2012). Em um estudo realizado por Alencar-Linard et al. (2015) no Crato-CE verificou que a indústria cerâmica analisada produziu diferentes resíduos, notadamente os sólidos, como por exemplo, produtos cerâmicos acabados com defeitos (trinca, quebra e peças requeimadas). Também é fato, porém, o reaproveitamento desses resíduos, ora reincorporados ao processo produtivo, ora usados para recuperar áreas degradadas ou para aplainar terrenos.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a utilização de ferramentas de qualidade aplicada na gestão ambiental é uma forma rápida e eficaz para auxiliar o gerenciamento dos resíduos sólidos e direcionar as ações para minimizar o problema, visto que a aplicação do diagrama de Ishikawa promove a tomada de decisão por meio da categorização das causas do problema, podendo ser um método para a aplicação gerencial na indústria para resolução de impactos. Outro ponto importante é que a gestão dos resíduos sólidos na indústria cerâmica poderá potencializar os lucros e minimizar as perdas de matéria-prima e com isso gerar uma economia no processo de fabricação dos produtos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1004**: Resíduos sólidos - classificação. 2004.
- ALENCAR-LINARD, Z. U. S.; SAEED-KHAN, A.; LIMA, P. V. P. S. Percepções dos impactos ambientais da indústria de cerâmica no município de Crato estado do Ceará, Brasil. **Economía, sociedad y territorio**, vol.15 no.48 Toluca may./ago. 2015
- ANFACER. **Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento, Louças Sanitárias Econgêneres**. Case ANFACER - Prêmio Análise-Fi, 2012. Disponível em: <http://.anfacer.org.br/site/default.aspx?id conteúd=12&n=Sobre-a Anfacer>. Acesso em: 06 de junho de 2017.
- BASIC, M. J.; BORTOLOZZO JÚNIOR, J. B. Modelo para apoio a gestão consistente de custos em pequenas e médias empresas: aplicação numa empresa do setor químico. **Revista Universo Contábil**, ISSN 1809-3337, Blumenau, v. 3, n. 2, p. 55-72, maio/ago. 2007.
- BEHARA, R. S.; GUNDERSEN, D. E. Analysis of quality management practices in services. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 18, n. 6, p. 584-603, 2001.
- BORLINI, M. C.; SALES, H. F.; VIEIRA, C. M. F.; CONTE, R. A.; PINATTI, D. G.; MONTEIRO, S. N. **Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha Parte I**: características da cinza. *Cerâmica* 51 (2005) 192-196.
- BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Políticas Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.
- BRASIL. 2002. Resolução CONAMA n.º 307 - **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de julho de 2002.
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Resolução CONAMA n. 362, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://mma.gov.br/port/conama/res/res05/res36205.xml>> Acesso em: 08 jun. 2017a..
- BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Resolução CONAMA n. 275, de 25 de abril de 2001. Disponível em: <file:///C:/Users/wilso/Downloads/Conama%202752001%20%20codigo%20de%20cores.pdf> Acesso em: 11 jun. 2017a..
- CAMARA, V. F.; LISBOA, H. M.; HOINASKI, L.; DAVID, P. C. Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil. **Cerâmica** 61 (2015), 358, 213-218.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade**: conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2010. 241p.
- CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil> Acesso em 09 de junho de 2017.

COSTA, A. R. S. C.; MELO, A.M. Ciclo produtivo da cerâmica vermelha – Impactos versus medidas mitigadoras. In: HOLANDA, R. M.; PAZ, Y. M.; MORAES, M. M.. [Org.] Cerâmica Vermelha para Construção Civil: pesquisas e inovações. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2014. 311p.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**. 9º ed. São Paulo: Gaia, 2004. 541 páginas.

DINIZ, F. W. C.; MORAIS, M. M., SANTOS, M. A., HOLANDA, R. M. Quantificação de perdas na construção civil através de indicador de eficácia Morant para blocos cerâmicos. Estudo de caso em obra. XIII jornada de ensino, pesquisa e extensão, 2013.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (FIEMG); FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (FEAM). **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha**. Belo Horizonte, 2013.

FRASSON, B. B.; MAIA, E. C.; ZACCARON, A. Carbono social na indústria de cerâmica vermelha: um estudo de caso da cerâmica kitambar. Fórum internacional de Resíduos Sólidos – **Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas**. 15 a 17 de junho de 2016.

GALVÃO, O. L. A.; SILVA, H. T. S.. Identificação de resíduos na indústria de cerâmica vermelha e alternativas de tratamento. In: HOLANDA, R. M.; PAZ, Y. M.; MORAES, M. M.. [Org.] Cerâmica Vermelha para Construção Civil: pesquisas e inovações. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2014. 311p.

GARCIA E. , M. CABRAL JUNIOR , V. A. QUARCIONI , F. F. CHOTOLI. Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo. **Órgão Oficial da Associação Brasileira de Cerâmica** (2015) 251-258. VOL. 61, 358 - ABR/MAI/JUN 2015

HOLANDA, M. A.; PINTO, A. C. B. R. F.. Utilização do diagrama de Ishikawa e brainstorming para solução do problema de assertividade de estoque em uma indústria da Região Metropolitana de Recife.

HOLANDA, R. M.; SILVA, B. B.. Cerâmica Vermelha – **Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável**: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. Revista Brasileira de Geografia Física 04 (2011) 872-890. In: XXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção: **A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável**: Integrando Tecnologia e Gestão, 29, Salvador, 2009. Anais... Salvador: ABEPRO. 2009. p.1-12.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle da qualidade total à maneira japonesa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

LUZ, E. L. P.; MEDEIROS, M. C.; GABRIEL, F. Â.; RODRIGUEZ, M. A. M. Aplicação do Diagrama de Ishikawa na Análise dos Principais Impactos da Área Agrícola no Setor Sucroalcooleiro do Brasil. In: El-Deir, S. G; Melo, A. M.; Souto, T. J. M. P. [ORG.]. Resíduos sólidos: O desafio do Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. [livro eletrônico]. -- 1. ed. -- Recife: EDUFRPE, 2016.: il; e-book.

MORAIS, M. M.; GOMES, C. A.; PAZ, Y. M; HOLANDA, R. M. Aproveitamento de águas pluviais para uso na indústria de cerâmica. In: HOLANDA, R. M.; PAZ, Y. M.; MORAES, M. M.. [Org.] Cerâmica Vermelha para Construção Civil: pesquisas e inovações. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2014. 311p.

MORAIS, M. M.; GOMES, C. A.; PAZ, Y. M.; JERONIMO, R. A. S.; HOLANDA, R. M. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais e a Produção Mais Limpa, **Estudo de Caso em Indústria de Cerâmica Vermelha**. In: 5th International Workshop | Advances in Cleaner Production – Academic WorkCLEANER PRODUCTION TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSITION, São Paulo – Brazil – May 20th to 22nd – 2015.

MOURA, Catarina Erly. **As sete ferramentas gerenciais da qualidade**: Implementando a melhoria contínua com maior eficácia.. São Paulo: Makron Books, 1994.118p.

NUNES, Mônica Belo. Impactos ambientais na indústria da cerâmica vermelha Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro - REDETEC 17/2/2012. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas** – SBRT.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F. B. Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos - Série P+L. 90 p. São Paulo: **CETESB**, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/ceramica.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

PAZ, Y. M.; MORAIS, M. M.; HOLANDA, R. M.. Desenvolvimento Econômico Regional e o Aproveitamento de Resíduos Sólidos no Polo da Indústria da Cerâmica Vermelha do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física** v. 06, n.06 (2013) 1682-1704.

PAZ, Y. M.; MORAIS, M. M.; HOLANDA, R. M.. Desenvolvimento Econômico Regional e o Aproveitamento de Resíduos Sólidos no Polo da Indústria da Cerâmica Vermelha do Estado de Pernambuco. In: HOLANDA, R. M.; PAZ, Y. M.; MORAES, M. M.. [Org.] Cerâmica Vermelha para Construção Civil: pesquisas e inovações. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2014. 311p.

PINTO, R. S.; JÚNIOR A. F. S.; JUNIOR F. R. A.; JUNIOR R. A. R.; COSTA R. P. Modelagem econômica de uma indústria cerâmica através do sistema de apoio à decisão poc®. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, nº4, 892-924, 2014.

PMI, **Project Management Institute**. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos Guia PMBOK. 5ª edição. PMI. EUA: Pennsylvania, 2013.

SANTOS, A. A. M. dos; GUIMARÃES, E. A.; BRITO, P.. Gestão da qualidade: conceito, princípio, método e ferramentas. **Revista Científica INTERMEI. Faculdade de Ensino e Cultura do Ceará – FAECE / Faculdade de Fortaleza – FAFOR**, 2013. Disponível em: <http://www.fafor.edu.br/pesquisa/arquivos/Artigo_GESTAO_DA_QUALIDADE.pdf>. Acesso em: 03 junho 2017.

SEBRAE, **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Manual de ferramentas da qualidade**. 2005. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~barcza/FerramentasDaQualidadeSEBRAE.pdf>>. Acesso em: 07 junho 2017.

FILHO, A. F. S.. Gestão de resíduos sólidos das construções prediais na cidade de Natal-RN. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado) Programa de Engenharia de Produção, UFRN, Natal, 2005.

SILVA, N. A.; FURTADO O. S.; DIAS W. S.; SELLITTO M. A.; Avaliação de desempenho ambiental em uma empresa da indústria cerâmica de Tocantins. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, nº 2, 848-861, 2015.

2.7 PRODUÇÃO DE REPELENTE LÍQUIDO, DIFUSOR E SABONETE COM ÓLEO DA CASCA DE LARANJA: EXTRAÇÃO DE ÓLEO D-LIMONENO VISANDO O APROVEITAMENTO E REDUÇÃO DO RESÍDUO

TAVARES, Nathália Stefane Gomes

Associação Caruaruense de Ensino Superior (Caruaru/ASCES)
nsgtavarees@gmail.com

SILVA, Letícia de Melo Ferreira

(Caruaru/ASCES)
leticia.melo.96@outlook.com

SILVA, Emilia Juliana Ferreira da

Caruaru/ASCES
emiliajfs@gmail.com

NEVES, Henrique John Pereira

Caruaru/ASCES
henriquejohn@yahoo.com.br

RESUMO

A expansão de mosquitos é um vetor alarmante no tempo em que vive-se, e o aumento de doenças com frequência, tornam casos cada vez mais urgentes para implantação de campanhas de combate como alternativas mais ecológicas, eficientes e de baixo custo, onde, a utilização do D-Limoneno (óleo extraído da casca da laranja) torna-se uma opção sustentável e inovadora onde, através deste resíduo que é descartado no ambiente pode-se produzir repelente natural, tornando-o de fácil aquisição e mobilidade. Possui um aroma característico, mas, que também pode ser modificado de acordo com a preferência de aromas agindo como controlador biológico do *Aedes aegypti*. Este trabalho tem por objetivo o aproveitamento e diminuição do resíduo que é descartado no ambiente em grandes quantidades, além de incentivar a eliminação dos criadouros do mosquito, proporcionando para a sociedade uma nova fórmula de prevenção, cuidados e atenção ao que seria resíduo, e proporcionando a diminuição de volume nos descartes residenciais e industriais deste resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Óleo D-Limoneno, Produção Sustentável, Diminuição de Resíduos.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil aprovou, em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e com ela foi elaborado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. A PNRS, dentre outras, sugeria o fechamento de lixões a céu aberto até 2014, os quais seriam substituídos por aterros sanitários, forma de disposição que segue requisitos técnicos. Os aterros deveriam receber apenas 10% dos resíduos sólidos gerados, os chamados rejeitos - materiais que não podem ser reciclados. A maioria dos resíduos sólidos é orgânica ou reciclável. Os orgânicos, em compostagens podem ser reaproveitados e transformados, enquanto o reciclável deve ser devidamente separado para a coleta seletiva. (ORIOLI et al., 2012).

Nos últimos anos, a produção biotecnológica vem sendo estimulada pela crescente demanda por produtos rotulados como naturais e sustentáveis. Cerca de 80% dos processos de aromas usados no mundo, utilizam-se processos químicos para obtenção de produtos naturais, onde, o limoneno é um hidrocarboneto majoritário que constitui a maior parte na composição do óleo essencial de plantas cítricas, tornando-se um subproduto industrial adequado para inovações sustentáveis. Geralmente é extraído por pressão ou vapor a partir das cascas de algumas espécies de citros, como por exemplo, laranja, limão e tangerina, e esta presente em uma série de outros óleos essenciais. (BIER, 2011).

O desenvolvimento de estratégias inovadoras, inteligentes e de fácil aplicação é necessário já que o combate ao *Aedes aegypti* é o único meio para a prevenção da dengue, pois até o momento não existe vacina nem tratamento específico para a doença. O uso de repelentes ambientais deve seguir orientações preconizadas para atingir a ação esperada, uma vez que uma única picada de um mosquito infectado pode acarretar algumas doenças que a vacina e quimioprofilaxia não estão ainda disponíveis para todos os casos (AGUIAR; PIMENTA; VALLE, 2016). O aproveitamento de resíduos de frutas, principalmente cascas, como matéria prima no processamento de novas tecnologias é de grande interesse econômico e tem representado um segmento importante nas indústrias, pois agrega valor ao subproduto e reduz o acúmulo dos mesmos.(ORIOLI et al., 2012).

O trabalho visa usar cascas de laranja para extração do óleo *D-Limoneno*, o qual será produzido com o método de destilação, tendo intuito de utilizar o produto deste processo para produção de repelentes líquidos e sabonetes, levando para a sociedade uma nova opção econômica e consciente para um problema que vem sendo bem repercutido no país e no mundo, além de, reaproveitar um resíduo natural que seria descartado em aterros após seu consumo e que não iria ter valor algum uma vez sendo descartado. Tecnologias inovadoras através destes resíduos que seriam descartados, vem oferecendo crescimento científico como uma alternativa eficiente, barata e sustentável, além de, contribuir para a diminuição dos grandes volumes destinados aos aterros sanitários.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aromas

Na resolução 104 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA,1999) aromas, ou aromatizantes, são substâncias ou mistura de substâncias com propriedades odoríferas e ou sávida (com sabor), capazes de intensificar sabores aos alimentos. Com sabe na sua origem, classificam-se os aromas como naturais e sintéticos, ainda havendo outros tipos especiais.

Aromas naturais são obtidos exclusivamente métodos químicos, físicos, microbiológicos ou enzimáticos, a partir de matérias-primas naturais. Entenda-se por isso os produtos de origem animal ou vegetal normalmente utilizados na alimentação humana, que contenham substâncias odoríferas e/ou sápidas, seja em seu estado natural ou após um tratamento adequado, como torrefação e fermentação, entre outros. Os aromas naturais são subdivididos em: óleos essenciais; extratos; bálsamos; oleorresinas; oleogomarrésinas e isolados. (BIER,2011).

2.2 Biotecnologia na Produção de Aromas

A exploração da biotecnologia na produção de aromas naturais provou-se viável e de bastante interesse econômico nos últimos tempos, tendo em vista que a maior parte dos compostos são produzidos pela síntese química ou extraídos de material natural. Pesquisas recentes mostram que consumidores estão dando preferência a produtos considerados naturais, onde, 25% corresponde a produção industrial de aromas naturais. O uso de biotransformação de compostos orgânicos, empregando fungos, bactérias e leveduras, além de despertar o interesse acadêmico, é clássico em alguns problemas industriais, nas áreas químico-farmacêuticas. Biotransformações têm uma série de vantagens quando comparadas aos métodos químicos correspondentes. As condições de tais processos são suaves e na maioria dos casos não necessitam de proteção de outros grupos funcionais. Economicamente, biotransformações podem ser mais baratas e mais diretas do que seus análogos da química e as conversões procederão normalmente, em condições que são consideradas ecologicamente aceitáveis. (BIER,2011).

2.3. Resíduo da Laranja

Em 2016, foram colhidos no Brasil 669.674 hectares de laranja, gerando uma produção de 15.917.673 toneladas da fruta, e até maio de 2017 já foram colhidos 649. 254 hectares, gerando uma produção de 14. 673. 412 toneladas. A cultura está concentrada em São Paulo, responsável por 78,4 % da produção brasileira, e onde estão localizados os maiores processadores de laranja, tornando o estado o maior produtor da fruta no mundo, e também o maior produtor e exportador de suco (IBGE, 2017).

O processamento de suco de laranja é uma das mais importantes indústrias do mundo. Ela produz uma enorme quantidade de resíduo de processo, isto constitui aproximadamente 50% do peso e provê excelentes modelos para produtos de valor agregado. A casca e outros bioprodutos são secos e comercializados, entretanto o preço de venda do produto é baixo. Tecnologias inovadoras através destes resíduos que seriam descartados, vem oferecendo crescimento científico como uma alternativa eficiente, barata e sustentável, além de, contribuir para a diminuição dos grandes volumes destinados aos aterros sanitários (BIER,2011).

2.4 Extração do Óleo de Limoneno

Os componentes voláteis de plantas são denominados óleos essenciais. Estes por sua vez são responsáveis por suas essências e aromas. Os óleos essenciais são usados principalmente devido a seus odores e aromas agradáveis em perfumarias. Os principais constituintes dos óleos essenciais são os terpenos e seus derivados oxigenados. Limoneno, o terpeno cíclico, mais amplamente distribuído em plantas, é o principal constituinte do óleo da laranja (90 a 95%). O limoneno é encontrado no óleo de lima, no óleo de limão e em muitos outros óleos essenciais. Sua utilização para produção de repelentes e sabonetes estão sendo umas das alternativas naturais para diminuição dos resíduos gerados em

grande escala por estes constituintes e por ser uma alternativa mais barata já que o mercado está cada vez mais cauteloso em relação as condições de sustentabilidade.

O limoneno apresenta dois isômeros configuracionais o d- Limoneno ($C_{10}H_{16}$), óleo essencial da laranja e o l- Limoneno óleo essencial do limão. Para o isolamento desde constituinte a mais comum é a extração por destilação simples, onde o constituinte será aquecido e a substância mais volátil irá se vaporizar, separando-se da mistura. (COELHO,2011).

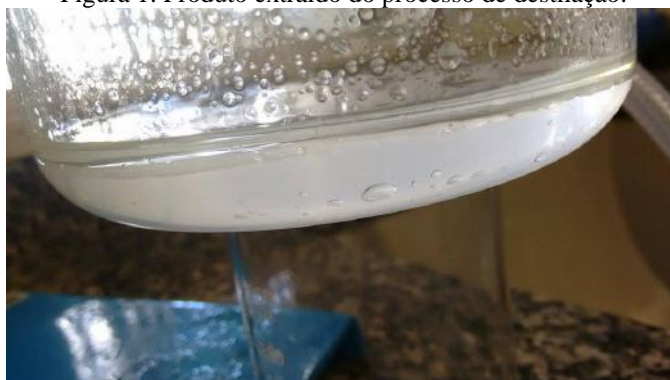
3. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal para obtenção de dados em um período de tempo, onde experiências realizadas em laboratório possibilitam a obtenção de dados quantitativos para execução na produção dos repelentes. É utilizado um processo de destilação simples, que nos possibilita separar misturas, que pode acontecer até mesmo em fases líquidas/líquidas, de forma que ocorre a vaporização do líquido, seguida por condensação do vapor formado.

Para produzir o repelente, pretende-se usar de matéria prima as cascas de laranja (resíduo esse que não tem destinação correta), e esta, passa por um processo que se fundamentam em 6 (seis) fases:

- I) Primeira Fase: As cascas são postas no vidro de relógio e pesadas em uma balança. Liquidifica-se as cascas de laranja devidamente conservada com água destilada;
- II) Segunda Fase: Leva a solução liquidificada para um balão de 1L com o auxílio de um funil e um bastão de vidro, que é transferido para o sistema de destilação, onde fica por volta de 1:30 h (uma hora e trinta minutos) para completar a extração do óleo D-Limoneno;
- III) Terceira Fase: A separação do óleo com o auxílio de um decantador (Figura 1);
- IV) Quarta Fase: Depois da decantação fica-se com duas partes, I o óleo e II o resto do produto da extração, para produzir o repelente líquido utiliza-se a parte II + fixador + essência; e para produzir o repelente sabonete usa-se óleo vegetal + óleo D-Limoneno + essência
- V) Quinta Fase: Foram criadas armadilhas para produzir mosquitos
- VI) Sexta Fase: Teste do repelente por exposição de mãos aos mosquitos.

Figura 1. Produto extraído do processo de destilação.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

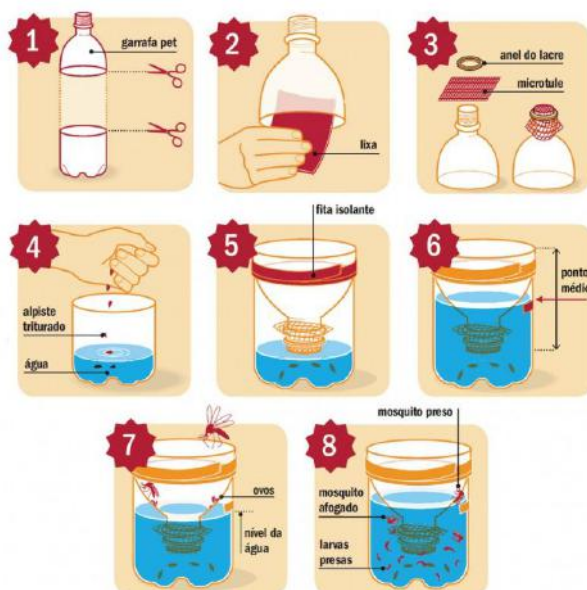
Com a produção do óleo, pode-se produzir o repelente líquido e na forma de sabonete, conforme figura 2 abaixo:

Figura 2. Repelente líquido e sabonete de D-Limoneno.



Houve a produção das armadilhas para o desenvolvimento de mosquitos, conforme esquema representado na Figura 3 abaixo:

Figura 3. Esquema de Armadilha para Mosquito



Fonte: Bezerra, 2016

Com a obtenção dos mosquitos, foram colocados em uma gaiola do tipo representado na Figura 4 abaixo:

Figura 4. Gaiola para Mosquito



Fonte: FIOCRUZ, 2014

Em seguida uma mão foi exposta ao repelente líquido, colocando-se em seguida dentro da gaiola com mosquitos, os quais foram repelidos pela presença do repelente à base de limoneno, depois foi colocada a mão que não teve contato com o repelente, momento em que os mosquitos se aproximaram da mão por não conter repelente.

Logo em seguida outra pessoa lavou uma das mãos com o sabonete feito com o repelente, colocando – a na gaiola, momento em que os mosquitos se distanciaram por conter substância repelente nesta mão, depois foi colocada a mão que não teve contato com o sabonete repelente, momento em que os mosquitos se aproximaram.

Estes testes se repetiram durante o tempo para se verificar a duração da ação do repelente líquido e do repelente em forma de sabonete, o que se verificou que estes repelentes tiveram duração de duas horas, indicando que após este tempo deve haver uma nova aplicação do repelente na pele.

5. CONCLUSÕES

O resíduo sólido da laranja, que antes iria para o lixão ou aterro sanitário da cidade pós-consumo humano da laranja, passou a ser utilizado como matéria-prima para reciclagem. O resíduo apresentou alto valor agregado e diversas possibilidades de aplicação no mercado, sendo neste caso utilizado como repelente para mosquito *Aedes aegypti*, mas podendo servir de matéria prima para produção do outros repelentes líquidos e de sabonete repelente.

O resíduo foi obtido de forma simples, fácil, gratuita e em ampla quantidade, em virtude do alto consumo da laranja na Região, o que possibilita valores mais acessíveis para obtenção da matéria-prima. Assim, a aplicabilidade dada ao resíduo foi de cunho sustentável por está balizado nas dimensões ambientais – por ser utilizado na reciclagem e o material não ser destinado ao aterro sanitário – na dimensão econômica – por gerar emprego e renda – e social – por auxiliar no empoderamento da população local.

REFERÊNCIAS

- ABECITRUS. **História da Laranja e Subprodutos da Laranja**. 2008 Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br>>. Acessado em Agosto/2015.
- ASHCAR, R. A história do perfume da antiguidade até 1900. **Revista eletrônica de jornalismo científico**, n.91, 10 set.2007. Disponível em: <<http://64.233.169.104/search?q=cache:otj638PNW7KJ:www.cociencia.br/comciencia/%3Fsection%3D8%26edicao%3D28%26id%3D329+a+historia+do+perfume+RENATA+ASHCAR&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br>> . Acesso em: 03 jul. 2008.
- Bayrepelel – o novo ingrediente ativo em AUTAN [homepage on the internet]. [cited 2008 April 10] Disponível a partir http://www.autan.com/nqcontent.cfm?a_name=Info (see brochure).
- Bezerra, S. **Armadilha para pegar o mosquito da dengue (Aedes aegypti) – mosquitérica**. 2016. Disponível em: <<http://sampson.com.br/armadilha-para-pegar-o-mosquito-da-dengue-aedes-aegypti-mosquitERICA/>>. Acessado em: 02 de mai. de 2016
- BIER, M.C.J. Produção de compostos de aroma através da biotransformação do limoneno por fermentação em estado sólido utilizando resíduo natural de laranja como substrato. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- Brown M, Hebert A. **repelentes de insetos: Uma visão geral**. J Am Acad Dermatol 1997.
- CARAMICO, T. Que cheirinho bom. **Guia de plantas medicinais**. 2006. Ano 2, n.2.
- CHADE J.; KATTAH E. **Surto de dengue no Brasil preocupa muito, diz OMS, ABIN**, set. 2007. Disponível em: <http://www.abin.gov.br/modules/articles/article.php?id=937>. Acesso em: 10 set. 2009.
- CHRISTOPHERS, S.R.. **Aedes aegypti : o mosquito da febre amarela . Está história de vida, bionomics e estrutura**. Cambridge University Press, 1960 .
- Comissão para aconselhar sobre Medicina Tropical e Viagem (CATMAT). **Declaração às medidas de proteção pessoal para evitar picadas de artrópodes**. pode commun Dis Rep 2005.
- CROVELLO, T.J. & HACKER, C.S. **estratégias evolutivas nas características tabela de vida entre as cepas selvagens e urbanas de Aedes aegypti (L.)** v.26 evolução, p.185-96 , 1972.
- DM Elston. **Prevenção de doenças relacionadas com artrópodes**. J Am Acad Dermatol 2004; 51: 947-54.
- EL-DEIR, S. G. **Metodologias inovadoras para o empoderamento social**. Recife: Edufrpe, 2013.
- FERRARINI, S.R., DUARTE, M.O., ROSA, R.G., ROLIM, V., EIFLER-LIMA, V.L., VON POSER, G., RIBEIRO, V.L. **Acaricidal activity of limonene, limonene oxide and β -amido alcohol derivatives on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus***. Veterinay Parasitology, v. 157, p. 149-153, 2008.
- FIOCRUZ – INSTITUTO OSWALDO CRUZ. **Eliminar a Dengue: um programa de pesquisa internacional. 2014**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1592&sid=32>. Acessado em: 02 de mai. de 2016
- Fradin MS. **Mosquitos e repelentes de mosquitos : um guia clínico**. Ann Intern Med 1998;128:931-40.
- Fradin MS, Dia DE. **Eficácia comparativa de repelentes de insetos contra mosquito mordidas**. N Engl J Med 2002; 347: 13-8.

Lourenço -de- Oliveira R, Vazeille M, de Filippis AMB , Failloux AB. **Aedes aegypti no Brasil : geneticamente populações diferenciadas com alta suscetibilidade à dengue e febre amarela** . American Journal of Medicina Tropical e Higiene de 2004.

PARANÁ (Estado). **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Análise da Conjuntura Agropecuária da Safra 2010/2011**. Curitiba-PR, 2010.

Rozendaal JA . **métodos de controle de vetores para uso por indivíduos e communities** . Geneve : Saúde do mundo Organização; De 1997.

Saúde Total [homepage onthe internet]. Miot HM: **Atualização em repelentes de insetos** [cited 2008 Apr 10]. Availablefrom: <http://www.saudetotal.com/artigos/dermatologia/repelentes.asp>.

SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; BONFIM-SILVA, E. M. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Revista Irriga**, v.12, n.2, p.235-248, 2007.

Sorge F, P Imbert, Laurent C, Minodier P, Banerjee A, Khelfaoui F et al. **crianças artrópode morde medidas de proteção: inseticidas e repelentes**. ArchPediatr 2007; 14: 1442-1450.

TESKE, M.; TRENTINI, A. M. M. **Herbarium compêndio de fitoterapia**. 3.ed. Curitiba: Herbarium Laboratório Botânico, 1997.

2.8 ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO A ESTRUTURA METAL-ORGÂNICA $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3]_n$ COM OBTENÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDO INERTE

SILVA, Renata Pereira da

Departamento de Química /UFRPE
renata.psilva@live.com

VILA NOVA, Suzana Pereira

Departamento de Química /UFRPE
spvn@globo.com

CARDOSO, Claudia Cristina

Departamento de Química /UFRPE
claudiacardoso75@gmail.com

FREITAS, Katia Cristina Silva de

Departamento de Química /UFRPE
katia.sfreitas@ufrpe.br

RESUMO

As redes de coordenação ou MOFs (Metal-Organic Frameworks) são uma nova classe de materiais porosos formados por íons metálicos e ligantes de natureza orgânica. A MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3]_n$ foi sintetizada eletroquimicamente por via amperométrica fixando o potencial em 12V. Em apenas 17 minutos de reação, obteve-se um sólido azul dessa MOF com 73% de rendimento. Ela foi caracterizada por FTIR e voltametria cíclica. Após a sua mistura com uma solução que simulou um efluente de indústria têxtil verificou-se que ela pode ser utilizada em seu tratamento porque foi obtido um efluente sem coloração. Inclusive ela estabilizou o corante em sua estrutura. Esse resíduo sólido de MOF teve a vantagem de não contaminar o meio ambiente, por ser facilmente separado do efluente tratado e possivelmente regenerado. Isso o diferencia do lodo gerado nos processos de coagulação/floculação tradicionais não regenerados. Pesquisas futuras sobre a estabilidade e regeneração dessa MOF ainda serão necessárias.

PALAVRAS-CHAVE: MOF, Efluente Têxtil, Tratamento de Efluentes.

1. INTRODUÇÃO

Na economia brasileira existe uma participação forte da indústria têxtil, e isso é claramente verificado, pois o Brasil ocupa a quinta posição no ranking de produção mundial desses insumos, conforme os dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção (ABIT). O agreste de Pernambuco é considerado o segundo em produção têxtil, só perdendo para São Paulo. Neste setor destacam-se as cidades de Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Caruaru. Apesar de ser uma prática já antiga no nosso país, afinal já é utilizada há 200 anos, a indústria têxtil ainda continua sendo um dos principais problemas de poluição dos recursos hídricos. Além de necessitar de uma quantidade considerável de água na produção das peças, ainda tem os efluentes que são muitas vezes despejados nos rios sem o devido tratamento. A maior demanda encontra-se na produção e confecção do jeans que é uma peça que ganhou popularidade ao longo de vários anos.

Atualmente se tem uma preocupação maior com a preservação dos recursos naturais por estarem sendo muito afetados com o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico. Isso incentivou o desenvolvimento de tecnologias que permitam a remoção completa das substâncias contaminantes dos efluentes e tem sido objeto de estudo e pesquisa de várias áreas do conhecimento como a química, a biologia, as ciências ambientais e agrícolas.

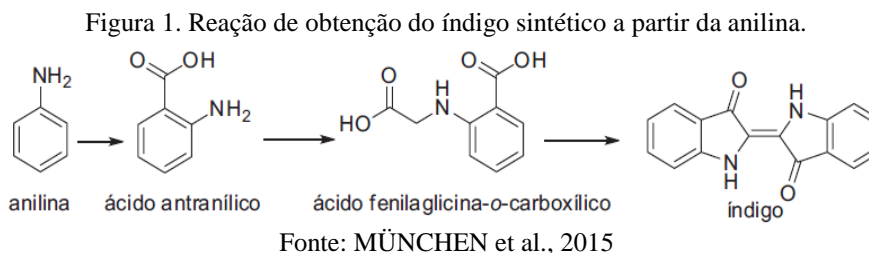
Como os corantes são resistentes a muitos agentes oxidantes, torna-se complicado realizar seu tratamento por processos tradicionais, por isso a adsorção é uma opção com altas taxas de remoção, conseguindo a recuperação do próprio corante e a reutilização do adsorvente. Para isso tem-se utilizado carvão ativado de coco, bambu, casca de eucalipto ou quitosana. Devido a sua estrutura porosa, as redes metal-orgânicas (MOFs) também podem ser utilizadas na adsorção desses poluentes em água. Essas redes de coordenação ou MOFs (Metal-Organic Frameworks) são uma nova classe de materiais porosos formados por íons metálicos e ligantes de natureza orgânica. São polímeros de coordenação porosos e cristalinos e têm um desenvolvimento que pode ser considerado ainda na infância. O objetivo deste trabalho foi a síntese por via eletroquímica da MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3]_n$ e a sua aplicação como material adsorvente para a remoção de corantes de tecidos em água.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Gois et al. (2016), a principal fonte dos efluentes gerados da indústria têxtil resulta dos processos de lavagem, acabamento e tingimento. A coloração forte é uma característica desses efluentes que são ricos em corantes de origens e naturezas diferenciadas. Suas presenças causam dificuldades na penetração dos raios solares nos córregos, lagoas e rios, impedindo assim a fotossíntese de algumas espécies, causando a eutrofização dos mesmos. De acordo com Oliveira (2007), este caso foi percebido em um trecho do Rio Capibaribe/PE, na cidade de Toritama. A coloração do Rio tornou-se rosa por consequência do lançamento dos rejeitos da indústria do Jeans. Logo após denúncias, a água recebeu o devido tratamento e toda a comunidade industrial recebeu orientações e normas da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH) e do Ministério Público de Pernambuco para evitar que ocorresse novamente esse desastre ecológico.

Segundo dados apresentados pela ABIT, o Brasil é referência na produção do Jeans e movimenta cerca de R\$ 8 bilhões por ano, sendo o quinto maior produtor e consumidor de tecido de algodão tingido pelo corante índigo (anil). Este corante é o mais utilizado na fabricação do jeans desde

2.000 a.C. e era retirado inicialmente de plantas. Atualmente o índigo é sintetizado a partir da oxidação da anilina, como mostra a Figura 1 (MÜNCHEN et al., 2015).



Segundo Gil e Hernández (2015), os efluentes que a maior parte das indústrias lança em corpos d'água possuem uma carga poluidora muito elevada contendo uma grande diversidade de substâncias orgânicas e inorgânicas. No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define os padrões de lançamento de efluentes em corpos de água pela resolução nº 430 de 2011. Segundo esta resolução os efluentes não podem apresentar efeito tóxico a organismos aquáticos e nem conferir toxicidade ao receptor devido a presença de substâncias tóxicas nos efluentes (CONAMA, 2011).

Entretanto, a retirada da coloração dos efluentes têxteis é uma das dificuldades que as indústrias enfrentam. De acordo com München et al. (2015), existem algumas alternativas para esses tratamentos como a utilização de reações diretas ou indiretas por métodos eletroquímicos, o uso de materiais adsorventes (coco e bambu), membranas de nanofiltração e o uso de fungos ou bactérias. Mas a escolha do método para a retirada do corante precisa ser bem criteriosa, pois no caso de via eletroquímica ou por adsorção pode ser gerado um lodo ou resíduo sólido contaminante.

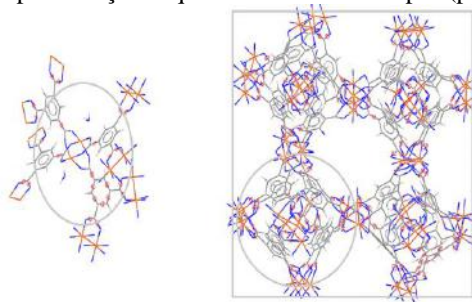
O tratamento eletroquímico é uma alternativa de elevada eficácia para a retirada do corante, realizando a oxidação de algumas espécies utilizando métodos diretos e indiretos. Isso se deve ao fato de que a maioria das substâncias estão sujeitas a reações de oxidação e redução, quando submetidos à corrente elétrica. A eletroquímica é a área da química que estuda essas reações de transferência de elétrons. O processo da eletrofloculação é um dos processos de tratamento eletroquímico de efluentes. Ele consiste na aplicação de uma diferença de potencial entre dois eletrodos (cátodo e ânodo) que podem ser de ferro ou de alumínio, dispostos paralelamente e mergulhados no efluente. No ânodo são gerados os íons de ferro ou de alumínio e no cátodo ocorre a redução da água com a formação de hidroxilas (OH) e gás hidrogênio. Sendo assim, no efluente formarão hidróxidos insolúveis de alumínio- Al(OH)_3 ou de ferro- Fe(OH)_2 . Esses hidróxidos adsorvem os poluentes produzindo flocos que decantam deixando o efluente mais claro. Um lodo residual é formado após a decantação. Esse lodo é um resíduo sólido que também deverá ser tratado, e dependendo da sua composição pode ser tóxico e nocivo. Algumas tecnologias estão sendo desenvolvidas para realizar uma biodegradação desses resíduos, mas o ideal seria que eles não precisassem de tratamento antes de serem descartados (IBANEZ, 2002; ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009; SILVA et al., 2016).

Metal-Organic Frameworks (MOFs) também conhecidos como redes de coordenação formam uma extensa classe de materiais cristalinos híbridos (inorgânico-orgânico), apresentando geralmente um átomo central (íon metálico) ou aglomerado (cluster metálico) coordenados a moléculas orgânicas (ligantes), em que essa unidade metal-ligante se repete formando uma rede polimérica de complexos metálicos em uma, duas ou três dimensões (DO; HOANG; KALIAGUINE, 2011).

De acordo com Batten et al. (2013), a IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada) oficializou o termo Metal–Organic Frameworks (MOF). A estrutura metal-orgânica $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ também chamada de HKUST-1, onde o BTC é o 1,3,5-benzenotricarboxilato, derivado do ácido 1,3,5-benzeno tricarboxílico que é usualmente conhecido como ácido trimésico, é um dos primeiros polímeros de coordenação que tem sido intensamente estudados devido às suas propriedades de especificidade magnética, catálise e adsorção (SILVA, 2015).

A MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ é constituída por um centro metálico e um ligante, produzindo uma unidade primária de construção (UPC), conhecida como roda de pás (*paddle-wheel*), apresentando um dímero que é formada por dois íons cobre (II) e quatro moléculas do ácido trimésico (TMA). Este dímero unindo as UPC pelos seus vértices, por sua vez produzem uma unidade secundária de construção (USC), constituindo uma rede em 3D, cristalina, octaédrica, que possui sistemas de canais tridimensionais, com estrutura de poros uniformes distribuídos. Nesta UPC, o dímero de cobre é coordenado por quatro ânions carboxilatos do BTC^{3-} formando as rodas de pás, como pode ser observado na Figura 2 (SILVA, 2015).

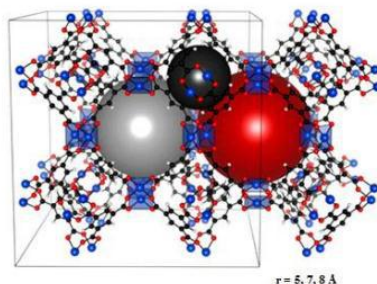
Figura 2. Representação esquemática da roda de pás (*paddle-wheel*)



Fonte: SILVA, 2015.

Portanto, uma das mais importantes propriedades dessa estrutura metal-orgânica trata-se de sua alta porosidade, que variam de 2 a 50 Å em raio, e sua área superficial. Esta rede de coordenação, cuja estrutura é a mais desafiadora por apresentar três diferentes topologias de poros que variam seus raios de 5 a 8 Å, e sua alta área superficial é constituída de propriedades magnéticas, devido aos dímeros de cobre (II), que estão coordenados aos ligantes BTC^{3-} forma uma unidade primária de construção UPC, roda de pás. Na Figura 3 observa-se a estrutura porosa do $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$. Os maiores poros da estrutura são enfatizados por esferas de Borgonha com os raios de poros (r) descritos em Å. Ela possui três tamanhos de poros notavelmente diferentes, enfatizado por esferas, pretas, cinzas e vermelha, com seus respectivos raios (SILVA, 2015).

Figura 3. Estrutura porosa do $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$.



Fonte: SILVA, 2015.

A utilização de MOFs como material adsorvente de compostos nocivos ao meio ambiente tem sido largamente explorada. Neste contexto, uma série de ligantes têm sido propostos e utilizados na síntese de redes de coordenação, dentre os quais, os policarboxilatos aromáticos, como BDC e BTC (benzeno-1, 4 -dicarboxilato e benzeno- 1, 3, 5 -tricarboxilato, respectivamente) são particularmente interessantes devido à robustez química e propriedades fotofísicas. Dentre elas podemos citar as MOFs contendo os ligantes $[Zn(BDC)(H_2O)_2]_n$, MIL-53 e Cu-BTC que se destacam pela grande capacidade de adsorção e separação de compostos. Por ser um material poroso, ele pode ser usada como material adsorvente para a remoção de corantes de tecidos em água. Uma vez que a MOF é um material inerte e mantém o corante preso em sua estrutura, o resíduo sólido gerado nesse tratamento não contamina o meio ambiente (RODRIGUES et al., 2012; AQUINO et al., 2012).

3. METODOLOGIA

Na síntese da $[Cu_3(BTC)_2.(H_2O)_3]_n$, os reagentes foram usados conforme recebido do fabricante: ácido 1,3,5-benzenotricarboxílico com pureza de 98% e N,N-dimetilformamida (DMF) 99,8%, o nitrato de sódio ($NaNO_3$) 99%, duas placas de cobre e água (H_2O) com alta pureza (MILLIPORE). Os eletrodos de cobre foram um de sacrifício (ânodo) e o contraeletrodo (cátodo) (Figura 4). Esses eletrodos sofreram pré-tratamento inicial físico usando uma lixa d'água e em seguida químico imergindo uma área de 5 cm^2 em ácido nítrico (HNO_3) à 20% em volume, durante 2 min.

Figura 4. Eletrodos de cobre após o pré-tratamento físico



Fonte: Elaborado pelos autores

A síntese foi realizada em uma célula eletroquímica de vidro pirex com um compartimento (Figura 5). A rota eletroquímica foi a amperométrica mantendo-se o potencial em 12V utilizando-se a fonte DC POWER SUPPLY modelo PS-1502 DD. No sistema eletroquímico foram usadas as soluções com as seguintes concentrações: 0,24 mol/L de $NaNO_3$, 0,048 mol/L de ácido 1,3,5-benzenotricarboxílico e o solvente foi uma mistura de dimetilformamida e água numa razão de 1:1. O precipitado produzido foi filtrado, lavado com o solvente DMF/ H_2O (1/1) e levado à secura em uma estufa a uma temperatura de 120°C durante 30 minutos, conforme Silva (2015).

Essa MOF foi caracterizada por espectroscopia de absorção na região do infravermelho utilizando o espectrofotômetro com transformada de Fourier (FTIR) marca VARIAN, modelo 640 IR, localizado no CENAPESQ (Centro de Apoio à pesquisa) da UFRPE.

Figura 5. Sistema preparado para a síntese eletroquímica da MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$



Fonte: elaborado pelos autores

A caracterização eletroquímica foi realizada por voltametria cíclica no potenciostato da Metrohm, modelo PGSTAT 302N e o software GPES 4.9, localizado no laboratório LAQIS (Laboratório de Análises Químicas e Sensores) do Departamento de Química da UFRPE. A voltametria cíclica foi realizada em uma solução de 0,1 mol/L de tampão fosfato com pH 7,0 e na temperatura ambiente. Para isso utilizou-se uma taxa de varredura de $50,0 \text{ mVs}^{-1}$ numa janela de potencial de -0,4 V a +0,4 V. O eletrodo de trabalho foi um fio de platina recoberto com uma mistura de gel de agarose com a MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$, o contra-eletrodo foi um fio de platina em espiral e o de referência foi o de Ag/AgCl (KCl(sat.)).

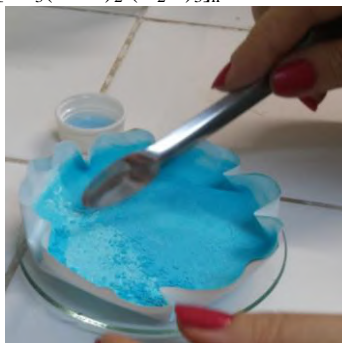
Após a sua caracterização, a MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ foi utilizada para o tratamento de uma solução que simulou um efluente contendo corante para tecidos. Os reagentes foram utilizados conforme recebido do fabricante: corante para tecido com fixador na cor azul jeans contendo em sua composição sulfato de sódio (Na_2SO_4).

Misturou-se 0,023 g da MOF em 10 mL de uma solução de 0,004 g/mL do corante em água destilada. Após a decantação do material adsorvente (MOF), a solução foi analisada no espectrofotômetro UV/visível da BEL-Photonics modelo UV-M51 localizado no Laboratório de Físico-Química do Departamento de Química da UFRPE. O resíduo sólido foi guardado no dessecador para análise por espectroscopia na região do Infravermelho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na síntese eletroquímica da MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ obteve-se um sólido azul. Ele pode ser observado na foto da Figura 6 que foi obtida após a filtração, lavagem e secagem em estufa. Essa síntese teve um rendimento de 73%. Em seguida, ele foi retirado do papel de filtro e colocado em recipiente fechado e armazenado em dessecador. As suas caracterizações foram realizadas através da espectroscopia na região do infravermelho e por voltametria cíclica.

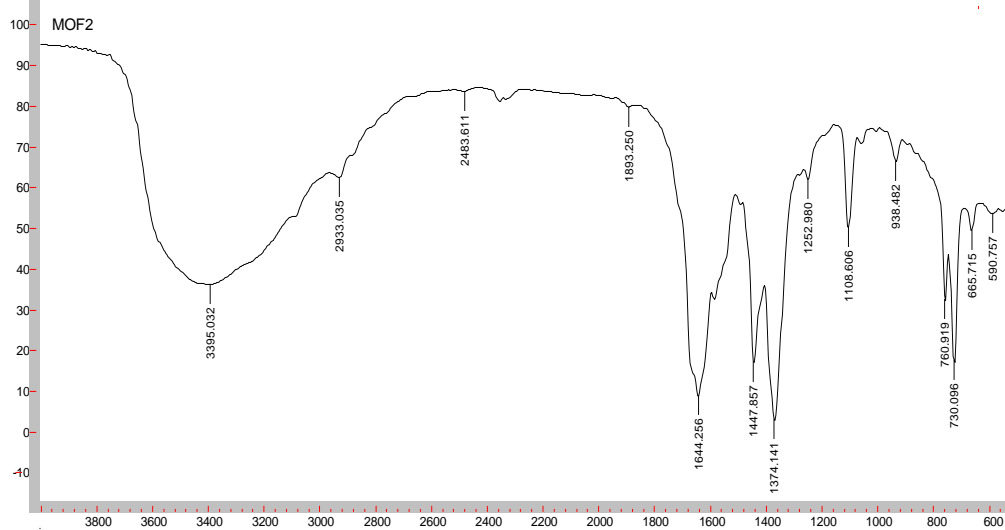
Figura 6. MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ obtida na síntese eletroquímica



Fonte: Elaborado pelos autores

O espectro de FTIR dessa MOF evidencia que a complexação do ligante BTC³⁻ com o íon de cobre II, via o grupo carboxilato (COO⁻), de acordo com a ausência das bandas 1.412 a 1.404 cm⁻¹ (estiramento do grupo -O-C-C-), 1.276 cm⁻¹ (deformação do grupo -C-C-O-H fora do plano do dímero do ácido), 917 a 904 cm⁻¹ (grupo C-OH no plano do dímero ácido), 1.695 a 1.720 cm⁻¹ (ligação C = O) e a banda intensa com máximo de 2.867 cm⁻¹ (estiramento da ligação O-H na carboxila). No entanto, nos espectros dos polímeros de coordenação, é observada uma banda larga no complexo de 3.497 cm⁻¹, atribuída ao estiramento O-H da água de hidratação e coordenação indicando que a supramolécula sintetizada apresenta moléculas de água na sua estrutura (SILVERSTEIN; BASSLER; MORRIL, 1994). Esse espectro pode ser comparado ao encontrado na literatura por Silva (2015).

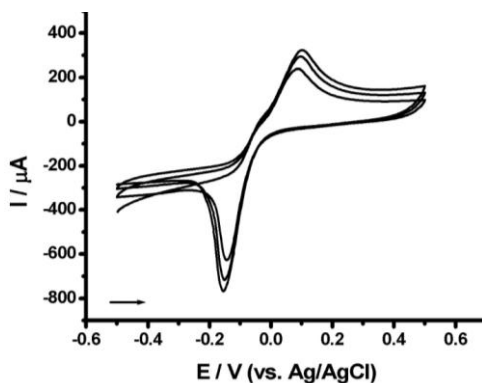
Figura 7. Espectro de absorção na região do infravermelho do $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$



Fonte: Elaborado pelos autores

No voltamograma cíclico apresentado na Figura 8 observa-se um pico de potencial anódico, $E_{pa} = +0,1$ V, que corresponde à oxidação do cobre metálico. Após a inversão da polaridade no sentido de potenciais mais negativos, um novo pico de potencial catódico, E_{pc} , começou a aparecer aproximadamente em $-0,12$ V caracterizando a redução do íon cobre (II). Esse voltamograma também foi obtido por Silva (2015).

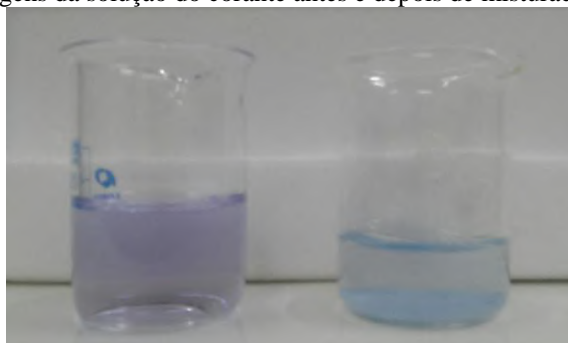
Figura 8. Voltamograma cíclico da MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$



Fonte: Elaborado pelos autores

Após as caracterizações descritas anteriormente, essa MOF foi utilizada na remoção de corantes para tecido de uma solução que simulou um efluente. Ao entrar em contato com o corante, a MOF liberou pequenas bolhas de ar que pode ter sido evidência de uma reação ou apenas a saída do ar e entrada da solução no interior da MOF. Essa mistura permaneceu em repouso e em menos de um minuto verificamos que o sobrenadante não apresentava mais a coloração inicial. Após a decantação da MOF obteve-se a foto que pode ser observada na Figura 9.

Figura 9. Imagens da solução do corante antes e depois de misturado com a MOF.

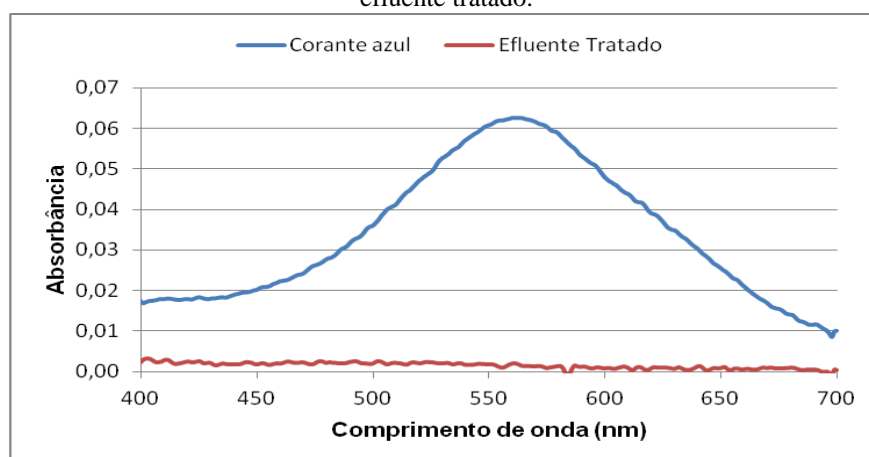


Fonte: elaborado pelos autores

Após a decantação da MOF foi obtido o espectro do sobrenadante na região do visível que pode ser observado na Figura 10, ele foi denominado de efluente tratado. Nesse espectro observa-se uma banda em 560 nm obtida com a solução do corante. Esta banda não é mais observada no espectro do efluente tratado, confirmando assim que o corante foi adsorvido pela MOF. Em estudos futuros, a MOF resultante da adsorção do corante será analisada por espectroscopia na região do infravermelho.

Essa MOF é um material inerte porque manteve o corante preso em sua estrutura. Esse resíduo sólido gerado nesse tratamento teve a vantagem de não contaminar o meio ambiente, por ser facilmente separado do efluente tratado e possivelmente regenerado. Isso o diferencia do lodo gerado nos processos de coagulação/floculação tradicionais, que não pode ser regenerado. Pesquisas futuras sobre a estabilidade e regeneração dessa MOF ainda serão necessárias.

Figura 10. Espectro de absorção da região do visível obtido com a solução do corante para tecidos e com o efluente tratado.



Fonte: Elaborado pelos autores

5. CONCLUSÕES

A síntese da MOF de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ que ocorreu em apenas 17 min por via eletroquímica/amperométrica, pode ser considerada rápida em relação a outros métodos de síntese. As caracterizações por espectroscopia no infravermelho e voltametria cíclica indicaram o sucesso dessa síntese, uma vez que foram semelhantes aos apresentados na literatura.

A MOF pode ser utilizada no tratamento de efluentes com a presença de corantes, pois obteve-se um efluente sem coloração e um resíduo sólido de MOF contendo o corante estabilizado em sua estrutura. Esse resíduo sólido de MOF é um material inerte porque manteve o corante preso em sua estrutura. Ele apresentou a vantagem de não contaminar o meio ambiente, por ser facilmente separado do efluente tratado e possivelmente regenerado. Isso o diferencia do lodo gerado nos processos de coagulação/floculação tradicionais, que não pode ser regenerado.

Espera-se dar continuidade a essa pesquisa estudando a estabilidade e regeneração desse complexo, assim como desenvolver novas aplicações para essa MOF. Pretende-se também estudar as suas modificações estruturais após a adsorção do corante através da espectroscopia na região do infravermelho.

REFERÊNCIAS

AQUINO, A.; FERREIRA, J. A.; NAVICKIENE, S.; WANDERLEY, K. A.; de SÁ, G. F.; JÚNIOR, S. A. Investigating the Potential of Metal-Organic Framework Material as an Adsorbent for Matrix Solid-Phase Dispersion Extraction of Pesticides During Analysis of Dehydrated Hyptis pectinata Medicinal Plant by GC/MS. *Journal of AOAC International*, v. 95, p. 1338-1342, 2012.

BATTEN, S. R. et al. Terminology of metal-organic frameworks and coordination polymers (IUPAC Recommendations 2013). *Pure and Applied Chemistry*, v. 85, n. 8, p. 1715-1724, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>

DO, X. -D.; HOANG, V. -T.; KALIAGUINE. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 141, p. 135-139, 2011.

GIL, F.; HERNÁNDEZ, A. F. Toxicological importance of human biomonitoring of metallic and metalloid elements in different biological samples. **Food and Chemical Toxicology**, v.80, p. 287-297, 2015.

GOIS, F. A.; SOUZA, G. A.; OLIVEIRA, M. J.; LIMA, R. S.; KOSLOWSKI, L. A. D. **Análise da qualidade da água quanto ao despejo industrial têxtil no Rio dos Índios**. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade, v.9, n.5, p.15-27, 2016.

IBANEZ, J. G. Saneamento ambiental por métodos eletroquímicos. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 45-48, maio 2002.

MÜNCHEN, S.; ADAIME, M. B.; PERAZOLLI, L. A.; AMANTÉA, B. E.; ZAGHETE, M. A.. Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, v.37, n.3, p.172-179, 2015.

OLIVEIRA, F. Percepção Ambiental e Gestão do Meio Ambiente de Toritama (PE): estudo da percepção de diferentes atores sociais sobre o rio Capibaribe. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco.

ROCHA, Júlio César; ROSA, André Henrique.; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução à Química Ambiental**. 2ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2009.

RODRIGUES, M. O.; PAULA, M.; WANDERLEY, K. A.; VASCONCELOS, I. B.; JÚNIOR, S. A.; SOARES, T. A. Metal Organic Frameworks for Drug Delivery and Environmental Remediation: A Molecular Docking Approach. **International Journal of Quantum Chemistry**, p. 1-10, 2012.

SILVA, D.C; RECHOTNEK, F.; ROMERO, A. L.; ROMERO, R. B. Tratamento de águas residuais por métodos eletroquímicos: Uma possibilidade de experimentação para o ensino de química na Educação Básica. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2041-1.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

SILVA, G.G. Métodos de síntese de estruturas metal-orgânicos, derivados de $[\text{Cu}_3(\text{BTC})_2(\text{H}_2\text{O})_3]_n$ e derivados e aplicações para sensores eletroquímicos. 2015. 185 f. Tese (Doutorado em Química) - Departamento de Química Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SILVERSTEIN, Robert M.; BASSLER, Cleyton G.; MORRIL, Terence C. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 5ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.

Capítulo 3. Recuperação Energética

A recuperação e o aproveitamento energético de resíduos sólidos são formas de destinação final ambientalmente adequada, instituída pela Lei nº 12.305/2010, que fundamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Atrelado a isto, a utilização de energia a partir destes materiais apresenta-se como uma alternativa de energia limpa, face à matriz convencional insustentável predominante. Neste capítulo serão apresentados *cases* acerca do potencial energético dos resíduos sólidos e da viabilidade econômica e técnica de aplicação.

3.1 VIABILIDADE DA COGERAÇÃO EM INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA

BORBA, José Eduardo Moraes

Pós-Graduação em Energias Renováveis Federal Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
j.eduardo.borba@hotmail.com

VITAL, Almir Alexey Brito

Pós-Graduação em Energias Renováveis Federal Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
almiralexey@hotmail.com

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira

Departamento de Eng. de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
luiz@cear.ufpb.br

CARVALHO, Monica

Departamento de Eng. de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
monica@cear.ufpb.br

RESUMO

A energia elétrica é fator essencial para o desenvolvimento da sociedade moderna, sendo matéria-prima para praticamente todos os produtos industrializados, possuindo grande relevância no custo final. Com a crescente demanda por energia elétrica, novas formas de geração estão ganhando importância. Na esteira desta problematização, o presente trabalho visa analisar a viabilidade do aproveitamento de biomassa (casca de coco seco e bagaço de cana-de-açúcar) para acionar as máquinas do sistema de moagem de uma destilaria de cana-de-açúcar. Para isso, foi feito o levantamento das especificações dos equipamentos, cálculos para obtenção da demanda elétrica, e estabelecimento do cenário econômico no qual o sistema se instala. O tempo de amortização com e sem a venda de excedentes de eletricidade à rede elétrica foi calculado, finalizando com a análise da viabilidade do investimento. Foi verificado que o uso da biomassa localmente disponível foi uma boa solução para redução dos custos operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Econômica, Termoelétrica, Cogeração.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é notadamente uma das mais relevantes formas de energia na atualidade, dela depende o desenvolvimento socioeconômico do planeta. Com as previsões do crescimento mundial na ordem de 243,4% até 2035 (BERS, 2011), conseguir suprir essa demanda será um dos maiores desafios para as nações desenvolvidas e em desenvolvimento. Em um país emergente, como o Brasil, essa preocupação é ainda maior, visto que a matriz elétrica atual é baseada na geração hidroelétrica e já tem dificuldades de suprir a demanda, dividindo essa tarefa principalmente com as termoeletricas (BRASIL², 2017). Devido a isto, existe uma busca constante por maneiras de reduzir seu consumo junto as distribuidoras. A geração descentralizada, em pequenas unidades geradoras, pode fazer uso de resíduos de produção como combustível, dando um destino mais nobre aos mesmos, em centrais de cogeração do tipo termoeletrica. As termoeletricas destinadas ao aproveitamento da biomassa que sobra da indústria, em geral são formadas por plantas simples, com uma configuração padrão composta por caldeira e turbo geradores.

Cogeração é a produção simultânea e de forma sequenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único recurso energético (BALESTIERI, 2002). A cogeração industrial é sua forma mais comum, mas pode ser aplicada sempre que existam demandas energéticas regulares, por exemplo, em edifícios (LOZANO et al., 2009), hospitais (ROMERO; CARVALHO; MILLAR, 2014), em minas (CARVALHO et al., 2014) e até em aterros sanitários (CHACARTEGUI et al., 2015). O processo mais comum é a produção de eletricidade e energia térmica (calor) a partir do uso de gás natural ou biomassa (*e.g.*, bagaço de cana).

A cogeração utilizando bagaço de cana surgiu inicialmente para suprir as necessidades energéticas das usinas sucroalcooleiras, tornando-se atualmente parte da gama de produtos extraídos da cana-de-açúcar. Isso possibilitou incrementos na receita das empresas que conseguem ser autossuficientes e ainda produzir energia elétrica para comercialização (LUNAS et al, 2016).

Em regiões como a Nordeste, onde o bagaço de cana tem grande procura para ser utilizado como ração animal, seu preço muitas vezes inviabiliza a utilização para cogeração. Diante deste cenário a utilização de outras fontes de biomassa se faz necessária, e uma alternativa seria o uso dos resíduos da produção do coco. O aumento do consumo do coco e dos seus derivados tem causado elevação na geração de resíduos. A maior parte das cascas, que correspondem a 80% do peso bruto do fruto, é descartada de forma indiscriminada. Pelo seu alto teor de lignina, a casca do coco é um material de difícil degradação, o que representa um grande passivo ambiental (ROCHA et al., 2015). Essa biomassa tem um poder calorífico aproximadamente 25% maior do que o do bagaço da cana (LIRA et al., 2014) e pode ser usados como fonte de energia para as caldeiras. Lira et al. (2014) mostrou excelente aplicabilidade técnica da casca de coco e do bagaço de cana como fontes de biomassa, tanto pela reatividade quanto pelo menor potencial de fusão das cinzas.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade financeira do investimento em uma central de cogeração a ser instalada em uma destilaria de cana-de-açúcar, utilizando biomassa tradicional, o bagaço de cana, e comparar com uma fonte alternativa, no caso, a casca de coco.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Setor Sucroenergético

Sendo considerada a primeira indústria instalada no país e sendo a primeira forma de economia não extrativista, o setor sucroenergético teve seu início com a introdução dos engenhos de cana-de-açúcar ainda no século XVI, formando a base da economia do nordeste brasileiro na época dos engenhos (GARCIA; LIMA; VIEIRA, 2015). Com o tempo, essa economia entrou em decadência, sendo praticamente substituída pelas usinas. (JORNAL CANA, 2016).

O setor sucroenergético tem como produtos básicos o açúcar, o álcool etílico, a cachaça e mais recentemente a geração de energia elétrica (MORILHAS, 2012). A cana-de-açúcar é uma planta com origem no Sudeste Asiático e pertence ao gênero *Saccharum L.*, sendo a cana-de-açúcar cultivada um híbrido, recebendo a designação *Saccharum spp.* A planta é a principal matéria-prima para a fabricação do açúcar e álcool.

O setor sucroenergético desperta o interesse de diversos países, principalmente pelo baixo custo de produção de açúcar e álcool (BERNARDES, 2013). Este último tem sido cada vez mais importado por nações de primeiro mundo por ser oriundo de fontes renováveis (JORNAL CANA, 2016).

2.2 Cogeração

Segundo Horlock (1987) “cogeração é a produção simultânea e de forma sequenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível”. Isto pode resultar no benefício econômico da redução de custos de combustíveis, quando comparada à produção das utilidades em separado, e também em benefícios ambientais como a redução de emissões de poluentes decorrentes da queima de combustíveis. A cogeração pode ser a forma mais econômica e eficiente para atender as necessidades internas de vapor e de eletricidade em indústrias que podem utilizar esse sistema, possibilitando ainda a redução dos custos operacionais (PELLEGRINI et al., 2000).

A central de cogeração é uma termelétrica em que o calor é usado de diversas formas (vapor, eletricidade, força motriz, etc.). Os sistemas de cogeração permitem aumentar sensivelmente a eficiência de utilização de energia e dos recursos naturais, podendo alcançar surpreendentes 90 %, enquanto termelétricas convencionais não ultrapassam os 50% (PELLEGRINI et al., 2000). Uma outra grande vantagem da cogeração é a geração distribuída. Modelo que vem ganhando destaque como alternativa para a produção centralizada de energia elétrica, obtendo maior eficiência operacional, redução de custos e menor impacto ambiental, ao mesmo tempo em que satisfaz demandas térmicas da instalação.

2.3 Cogeração no Setor Sucroenergético

No setor sucroenergético a cogeração é uma prática já consolidada há tempos, todavia, o foco inicial não era a venda de excedentes energéticos. O objetivo consistia em ser autossuficiente e dar um destino ao excesso de resíduos industriais (TOMAZ et al., 2016.).

As necessidades relacionadas às demandas de energia são atendidas pela planta de cogeração que consome o bagaço residual do processo, método comumente empregado em usinas de cana-de- As necessidades relacionadas às demandas de energia são atendidas pela planta de cogeração que consome o bagaço residual do processo, método comumente empregado em usinas de cana-de-açúcar no país. A queima do bagaço aciona sistemas a vapor que, ao operarem com maior eficiência, propiciam a redução do consumo de combustível e aumento da geração de excedentes de eletricidade (NOVA CANA, 2016).

Alguns trabalhos recentes focaram na cogeração no setor sucroenergético. O trabalho de Maluf (2016) desenvolveu uma avaliação termo econômica da cogeração no setor sucroenergético com o emprego de bagaço, e propõe que na entressafra, período em que não há produção de cana de açúcar e o sistema permanece ocioso, a produção de energia seja realizada através da queima de biocombustível complementar como, por exemplo, eucalipto. A dissertação de Silva Segundo (2016), realizada em João Pessoa, avaliou o potencial energético da cana energia e desenvolveu uma análise de ciclo de vida da produção de eletricidade via combustão da biomassa, concluindo que a produção de energia elétrica via combustão do bagaço de cana-de-açúcar apresentou baixos níveis de emissão de carbono para atmosfera, sendo mais adequada do que o processo termelétrico a óleo diesel, resultando em emissões evitadas de -0,673 kg CO₂-eq/kWh. A progressiva utilização do bagaço de cana de açúcar como fonte de eletricidade pode ser, além de uma estratégia para aumento de eficiência energética e redução de custos associados à energia, uma alternativa para a mitigação de mudanças climáticas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Estudo de Caso

A empresa modelo possui uma extensão de terra de 5 mil ha, e esta destilaria divide espaço com uma grande área de produção de cocos secos, cujo beneficiamento gera um grande acúmulo de biomassa oriunda das cascas (Figura 1).

Figura 1. Acúmulo das cascas de coco seco *in situ*



Fonte: Autoria própria

O sistema de moagem é formado por três ternos com sistema de prensa hidráulica, esteira de alimentação e de bagaço, picador e desfibrador de cana, mesa de cana para 50 toneladas e sistema de descarregamento por tombador de 25 toneladas. Todos os equipamentos utilizam eletricidade para seu acionamento. A capacidade instalada é para processamento de 250 toneladas de cana de açúcar em 24h, o que garante uma produção de até 45 mil litros de aguardente por dia.

O sistema adotado para a geração de energia elétrica na destilaria modelo desse estudo será o termoelétrico, pois possibilita o aproveitamento do bagaço da cana e outras fontes de biomassa, para queima nas fornalhas. Com esta queima é gerado vapor com pressões e temperaturas controladas para serem utilizados no acionamento de turbo geradores dentro das casas de força das usinas. No mercado existem inúmeros tipos de caldeiras destinadas a essa finalidade (BAZZO, 1995); grandes destilarias e usinas, em geral optam pelas caldeiras aquatubulares, enquanto plantas menores geralmente usam o formato “Barriga D’água”, que são caldeiras do tipo flamo tubulares.

3.2 Equipamentos

Os equipamentos do sistema de moagem da destilaria estão dispostos na Tabela 1, construída a partir dos manuais dos fabricantes.

Tabela 1. Lista de equipamentos do sistema de moagem da destilaria.

Sistema	Tipo	N (unid.)	Marca	Modelo	Potência (Hp)	Fator de Potência	Rendimento (%)
Terno	Motor	1	WEG	W22IR2	125	0,82	94,8
Mesa	Motor	1	WEG	W22IR2	75	0,84	94,2
Esteira	Motor	1	WEG	W22IR2	25	0,80	92,6
Desfibrador	Motor	2	WEG	W22IR2	50	0,83	92,4
Destilaria	Bomba	3	WEG	JPIR2	2	0,81	84,0
Destilaria	Bomba	4	WEG	JPIR2	1	0,78	83,0
Destilaria	Bomba	1	WEG	JPIR2	5	0,82	86,7
Cush-Cush	Motor	1	WEG	W22IR2	2	0,70	83,5
Cush-Cush	Motor	1	WEG	W22IR2	3	0,70	87,0
Cush-Cush	Bomba	1	WEG	JPIR2	1	0,78	83,0
Iluminação	Lâmpada	25	Osram	E-40	0,67	1,00	100,0

3.3 Análise do Consumo

Tomando como base a fatura elétrica da destilaria, foi feita uma estimativa do custo da energia elétrica, para o caso da empresa funcionar exclusivamente com eletricidade da distribuidora. Para a realização da análise serão considerados os seguintes critérios:

- 8 horas de trabalho por dia;
- 5 dias de trabalho semanais;
- Uso de capacitores para reduzir a reatância;
- Consumo equivalente à demanda total.

3.4 Análise Econômica

Para se avaliar a viabilidade do investimento, serão aplicados os métodos de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Amortização (*Payback*). Segundo Pindyck e Rubinfeld (2006), o critério do VPL corresponde a uma comparação entre o investimento realizado e o valor presente dos fluxos de caixa líquidos futuros que se espera obter pelo investimento. O VPL pode ser calculado pela Equação 1:

$$VPL = -C + \sum_{n=1}^i \left[\frac{L_n}{(1+R)^n} \right] \quad \text{Equação 1}$$

Onde C representa o investimento inicial, i representa a quantidade de períodos de análise de viabilidade do investimento (normalmente a vida útil do equipamento), L_n o lucro obtido no tempo n , e R representa a taxa de desconto, também denominada taxa mínima de atratividade (TMA) ou custo de oportunidade do capital a investir. TMA é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos com o investimento.

Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros que determina o ponto de equilíbrio em um investimento; é então a taxa de juros que faz $VPL=0$ (*i.e.*, não existe nem prejuízo, nem lucro: ponto de equilíbrio) (ELETROBRÁS et al., 2008).

O Período de Retorno de Capital (PRC), também conhecido por *payback* é, o critério mais aplicado e difundido em análises de viabilidade econômica, devido a facilidade de sua aplicação (ELETROBRÁS et al., 2008). O PRC simples corresponde ao tempo no qual o somatório dos fluxos de caixa se torna igual ao investimento inicial. Teoricamente, o investimento é aceitável se o *payback* for menor do que o período de vida útil do investimento. Para a análise econômica, as seguintes considerações foram feitas:

- Para novos equipamentos, o custo operacional anual considerado foi R\$10.000,00 (R\$ 833,33/mês);
- Para equipamentos usados, o custo de operação foi considerado 30% maior;
- Para os cálculos com injeção de excedentes de eletricidade a rede elétrica, se considerou um funcionamento de 672h/mês;
- A empresa funciona 10 meses/ano;
- A biomassa utilizada foi dividida em: 100% casca de coco, 100% bagaço de cana, e uma mistura 50%/50% de bagaço de cana de açúcar e casca de coco;
- Os poderes caloríficos da casca de coco e do bagaço de cana foram 4000 kcal/kg e 3200 kcal/kg, respectivamente (AALBORG, 2017);
- Taxa mínima de atratividade considerada 10% ao ano.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Cálculo da Demanda e Estudo de Mercado

Com as especificações dos equipamentos (Tabela 1) foram calculadas as potências ativa, aparente e reativa. As potências totais requeridas são dadas pela soma das potências de cada componente e estão demonstradas na Tabela 2, onde PT refere-se à potência ativa, PS refere-se a potência aparente, e PQ significa potência reativa. Por conservadorismo, a potência aparente total será acrescida em 10% como fator de segurança. Sendo assim, PS = 385 kVA será o valor adotado para a pesquisa da central de geração adequada.

Tabela 2. Potências totais requeridas pelos equipamentos.

Equipamentos	PT total (kW)	PS total (kVA)	PQ total (kVA_r)
Terno	98,365	119,957	68,659
Mesa	59,395	70,708	38,365
Esteira	20,140	25,175	15,105
Desfibrador	80,736	97,272	54,255
Bomba 2hp	5,329	6,578	3,858
Bomba 1hp	3,595	4,609	2,884
Bomba 5hp	4,302	5,247	3,003
Cush 2hp	1,787	2,553	1,823
Cush 3hp	2,572	3,675	2,624
Cush Bomba 1hp	0,899	1,152	0,721
Lâmpadas	12,496	12,496	0,000
TOTAL	289,616	349,423	191,298

4.2 Pesquisa de Mercado

Aqui se apresentam duas opções de equipamentos que atendem às necessidades do estudo.

Opção 1 Equipamentos Usados (valores obtidos por meio de pesquisa de mercado):

- Uma caldeira para 12 ton/h a 18 kg/cm² de pressão, no valor de R\$ 55.000,00;
- Um turbo-gerador a vapor com capacidade para 500 kVA, com quadros elétricos e equipamentos de proteção acompanhado de um transformador, ao custo de R\$ 80.000,00.

Opção 2 Equipamentos Novos (valor obtidos por meio de pesquisa de mercado)

- Turbina Múltiplo-Estágio;
- Gerador de 385 kVA;
- Paineis da Turbina;
- Painel do Gerador;
- Caldeira de 6ton/h à 21 kgf de pressão.

Totalizando um investimento de R\$ 450.000,00.

Para novos equipamentos, considera-se que os custos de transporte, instalação, supervisão, taxas de serviço e contingência, totalizam R\$30.000,00. Considerou-se o mesmo custo para os equipamentos usados. Os custos de operação, segundo os fabricantes, é de R\$10.000,00/ano para o equipamento novo, adotando-se um valor 30% maior para o usado.

4.3 Consumo de Eletricidade

Os resultados da análise de consumo de eletricidade são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Custo do consumo da energia elétrica junto à distribuidora.

	Preço (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)
Demanda Ativa (kW)	14,28	289,61	4.135,631
Demanda Ativa ultrapassada	28,56	0	0
Demanda Reativa Excedente (kVAr)	14,28	0	0
Consumo Ativo na Ponta (kWh)	1,54	5	7,70
Consumo Ativo Fora da Ponta (kWh)	0,37	46.337,6	17.144,91
Consumo Reativo Excedente na Ponta (kVARh)	0,26	0	0
Consumo Reativo Excedente Fora da Ponta (kVARh)	0,26	5.000	1.300,00
Contribuição Iluminação Pública	114,29	1	114,29
		TOTAL:	R\$ 22.702,53

4.4 Tempo de Amortização

O tempo de amortização para as duas empresas fornecedoras é mostrado na tabela 4. Nesse caso, não foi considerada a receita oriunda da comercialização do excedente.

Tabela 4. Tempo de amortização (meses)

Empresa	100% Coco	100% Bagaço	50%/50%
Opção 1	7,93	21,89	11,64
Opção 2	21,18	40,84	27,90

Para calcular a amortização com a venda de energia, considerou-se o fator de potência (Fp) do gerador igual a 0,9, que a tarifa de mercado foi R\$ 0,20/kWh (BRASIL, 2016), e que nos momentos que a indústria não funcionar, a termoeletrica estará vendendo energia. A receita gerada junto a distribuidora está mostrada na Tabela 6, onde PS é a potência aparente, Excedente turno de trabalho é a potência não utilizada no sistema, horas paradas são as horas mensais nas quais a moenda está parada. A Tabela 7 mostra o período de retorno do capital neste caso.

Tabela 6. Receita gerada com a venda de excedentes.

Empresa	Fp	PS kVA	Excedente Turno de trabalho kVA	Horas Paradas (n°)	Tarifa kW (R\$)	Receita (R\$)
Opção 1	0,9	500	115	512	0,20	49.760,00
Opção 2	0,9	385	0	512	0,20	35.481,60

Tabela 7. Tempo de amortização considerando comercialização de excedente (meses).

Empresa	100% Coco	100% Bagaço	50%
Opção 1	2,43	13,66	4,13
Opção 2	8,20	37,69	13,47

4.5 Análise de Viabilidade

O Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), com e sem venda de excedentes, são apresentados para a Opção 1 (Tabelas 8 e 9) e Opção 2 (Tabelas 10 e 11). TMA foi considerada constante e igual a 10% para todos os casos.

Tabela 8. Opção 1: Resultados com venda de excedentes a rede elétrica.

	100% Coco	100% Bagaço	50%
VPL	4.144.118,17	519.359,50	2.331.738,83
TIR	425%	67%	246%

Tabela 9. Opção 1: Resultados sem venda de excedentes a rede elétrica.

	100% Coco	100% Bagaço	50%
VPL	1.087.016,04	223.978,26	655.497,15
TIR	123%	37%	81%

Tabela 10. Opção 2: Resultados com venda de excedentes a rede elétrica.

	100% Coco	100% Bagaço	50%
VPL	2.981.821,87	188.502,06	1.585.161,96
TIR	124%	19%	73%

Tabela 11. Opção 2: Resultados sem venda de excedentes a rede elétrica.

	100% Coco	100% Bagaço	50%
VPL	793.627,68	128.551,53	461.089,60
TIR	44%	16%	31%

4.6 Discussão

Diante dos cenários apresentados, com dois fornecedores diferentes e três composições de biomassa, o investimento se mostrou viável para todos os casos. A opção que apresentou maior vantagem econômica foi a que utilizou apenas a casca de coco na opção 1, com venda de excedente. A opção menos vantajosa desde um ponto de vista econômico foi a que utilizou 100% de bagaço de cana no equipamento novo, sem venda de excedente. A dinâmica do retorno do investimento pode ser visualizada nos gráficos das Figuras 12 e 13.

Figura 12. Tempo de amortização sem venda de excedente (meses).

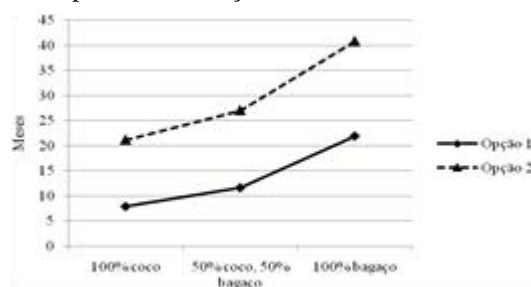
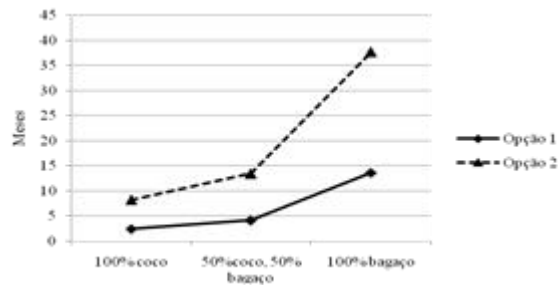
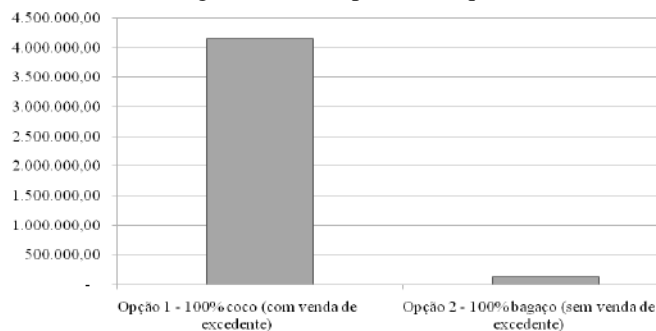


Figura 13. Tempo de amortização com venda de excedente (meses).



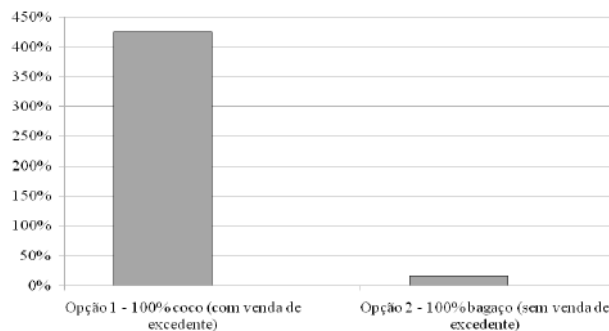
A disparidade entre os investimentos pode ser mais bem percebida nos gráficos comparativos, de VPL e TIR, das Figuras 14 e 15.

Figura 14 Valor presente líquido



No caso da Opção 1, com 100% de casca de coco e venda de excedente, o VPL apresentou um retorno de 4,1 milhões de reais, enquanto o que queima apenas o bagaço, no equipamento fornecido pela concorrente, foi de aproximadamente 128 mil.

Figura 15. Taxa interna de retorno



Pelo gráfico do TIR nota-se a grande diferença apresentada em percentual, onde para o primeiro caso, o retorno é de 425% e no segundo é de apenas 16%. O investimento em uma central de cogeração se apresentou satisfatório para todos os cenários analisados. Porém para o caso de se comprar o equipamento novo e optar pela queima exclusiva de bagaço de cana, é necessário analisar as carências mais urgentes da empresa, tendo visto que o retorno econômico neste caso é menor que as outras opções estudadas, podendo haver outras aplicações que possibilitem maiores retornos financeiro.

5. CONCLUSÕES

As análises mostraram uma alta viabilidade econômica para a utilização da casca de coco conciliada com a venda do excedente de eletricidade a rede elétrica, onde a TIR para a Opção 1 (equipamentos usados) foi de 425%, representando um VPL superior a quatro milhões de reais. Por outro lado, no cenário mais pessimista, Opção 2 (equipamentos novos), queimando apenas o bagaço de cana e sem a venda de excedente, a TIR foi de apenas 16%, o que apesar de ainda ser lucrativo, requer melhor análise das necessidades da empresa, já que pode haver investimentos mais lucrativos.

Diante dos resultados apresentados, foi possível perceber que o uso de biomassa localmente disponível foi uma boa solução para redução dos custos operacionais, além de contribuir para a ampliação da matriz energética e também como alternativa para problemas específicos das fontes tradicionais. A central de cogeração proposta para uma destilaria se mostrou viável economicamente, e com a utilização da casca de coco, a economia gerada em poucos meses é suficiente para pagar os equipamentos, além de poder propiciar incrementos na receita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Projeto Universal nº 454830/2014 e Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 303199/2015-6).

REFERÊNCIAS

AALBORG, AALBORG INDUSTRIES. Disponível em: <<http://www.aalborgindustries.com.br/downloads/poder-calorifico-inf.pdf>> Acesso em: 17 de abril de 2017.

BALESTIERI, José Antônio Perella. **Cogeração**: Geração combinada de electricidade e calor. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.

BAZZO, Edson. **Geração de vapor**. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

BERNARDES, Júlia Adão. **Novas Fronteiras no Setor Sucroenergético Brasileiro**: Estratégias e Contradições. Espaço e Energia: Mudanças no Setor Sucroenergético. Rio de Janeiro: Lamparina, p. 250-272, 2013.

BERS. **Balanco Energetico**. Disponível em: <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/archives/BERS2012/Balanco_Energetico_RS_2011base_2010.pdf>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

BRASIL¹. **MW de Energia Renovável de Fonte Eólica e Biomassa**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias//asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/leilao-contrata-479-mw-de-energia-renovavel-de-fonte-eolica-e-debiomassa;jsessionid=82541DF0BAEC1DC7BE43D7860CA3231D.srv154>. Acesso em: 01 de novembro de 2016.

BRASIL². **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 06 de maio de 2017.

CARVALHO, M. et al. Optimal synthesis of energy supply systems for remote open pit mines. **Applied Thermal Engineering**, v. 64, n. 1, p. 315-330, 2014.

- CHACARTEGUI, Ricardo et al. Analysis of a CHP plant in a municipal solid waste landfill in the South of Spain. **Applied Thermal Engineering**, v. 91, p. 706-717, 2015.
- COGEN. **Conceito de Cogeração**. Disponível em: <http://www.cogensp.com.br/cog_conceito.asp>. Acesso em: 27 de dezembro de 2016
- ELETROBRÁS et al. **Análise econômica de investimento: guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2008
- GARCIA, J. R.; LIMA, D. A. L. L.; VIEIRA, ACP. **A Nova Configuração da Estrutura Produtiva do Setor Sucroenergético Brasileiro: Panorama e Perspectivas**. Rev. de Economia Contemporânea, v. 19, n. 1, p. 162-184, 2015.
- HORLOCK, John Harold. **Combined Heat and Power**. Oxford, New York: Pergamon Press, 1987.
- LIRA, J. O. B.; SILVA, K. C. G. da; ANDERSEN S. L. F. **Estudo das Características de Combustão de Resíduos Sólidos da Região Nordeste Utilizando Análise Termogravimétrica**. COBEQ, Florianópolis, 2014.
- LOZANO, Miguel A. et al. Structure optimization of energy supply systems in tertiary sector buildings. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 10, p. 1063-1075, 2009.
- LUNAS, A. L.; LEITE, P.M. **Análise da Colaboração da Cogeração de Energia Elétrica em Relação à Receita Total da Empresa Cosan S.A. Nos Anos de 2012, 2013, 2014 E 2015**. Universidade Estadual de Goiás, 2016. Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/8020>>. Acesso: 6 mai. 2017.
- MALUF, Aristides Bobroff et al. **Avaliação Termoeconômica da Cogeração no Setor Sucroenergético com o Emprego de Bagaço, Palha, Biogás de Vinhaça Concentrada e Geração na Entressafra**. 2014.
- MORILHAS, L.J. **Cenários Tecnológicos e os Padrões de Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais: Um Estudo Prospectivo no Setor Sucroenergético Brasileiro**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, 2012.
- NOVACANA. **Cogeração Como Funciona Produção Energia Elétrica**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/usina/cogerao-como-funciona-producao-energia-eletrica/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.
- PELLEGRINI, M.C. et al. **A Cogeração no Setor Sucroalcooleiro – Usinas de Médio Porte**. Disponível em: <<http://abcm.org.br/app/webroot/anais/encit/2000/arquivos/s04/s04p01.pdf>> Acesso em: 17 de abril de 2017.
- PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 6a edição. São Paulo: Pearson, 2006.
- ROCHA, A. M. et al. **Aproveitamento de Fibra de Coco Para Fins Energéticos: Revisão e Perspectivas**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/agrener2015/sites/default/files/tematica8/744.pdf>> Acesso em: 17 de abril de 2017.
- ROMERO, A.; CARVALHO, M.; MILLAR, D.L. Application of a polygeneration optimization technique for a hospital in northern Ontario. **Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering**, v. 38, n. 1, p. 45, 2014.
- SILVA SEGUNDO, V. B. **Avaliação do Potencial Energético da Cana Energia e Análise do Ciclo de Vida da Produção de Eletricidade Via Combustão da Biomassa**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, 2016.
- TOMAZ, Washington Luiz et al. **Cogeração de Energia a Partir do Bagaço da Cana-Deaçúcar: estudo de caso múltiplo no setor sucroalcooleiro**. São Paulo ENGEMAUSP, 2016

3.2 CÁLCULOS PARA UM PROJETO DE COGERAÇÃO A PARTIR DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA - PB

CARVALHO, Monica

Departamento de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
monica@cear.ufpb.br

NASCIMENTO, Dayse Pereira do

Pós-Graduação em Energias Renováveis Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
dayse.pereira@cear.ufpb.br

MENEZES, Valeska Lisandra de

Pós-Graduação em Eng. Mecânica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
menezes_valeska@hotmail.com

CHACARTEGUI, Ricardo

Departamento de Engenharia Energética da Universidad de Sevilla (Espanha)
ricardoch@us.es

RESUMO

Este trabalho desenvolve os cálculos necessários para o aproveitamento do calor coggerado pelo motor Jenbacher 420 J GS-C21, que foi o equipamento selecionado em estudo anterior para produção de eletricidade no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. Este trabalho também desenvolve um estudo de viabilidade econômica, contabilizando os custos envolvidos na aquisição e construção da planta de cogeração, e incluindo gastos com pessoal, manutenção e operação. Em seguida, confirmou-se a viabilidade econômica da planta de cogeração, considerando todos os gastos associados a construção e operação do sistema, e que toda eletricidade é vendida. Apesar do balanço econômico ser negativo inicialmente, a partir de 2022 a produção elétrica aumenta, aumentando também a receita, e portanto o resultado neto resulta positivo, certificando que a instalação proposta é rentável.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, eletricidade, calor, cogeração, aterro sanitário.

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma importante opção para diversificar a matriz energética brasileira e também para solucionar o problema do lixo nos centros urbanos, gerando vários benefícios municipais (GALIZA; CAMPOS, 2015). Geralmente em aterros sanitários é feito o emprego de queimadores de gás (*flares*), em que o metano contido no biogás é convertido em dióxido de carbono e água, o que diminui substancialmente o potencial de aquecimento global que o metano provocaria (IPCC, 2013).

Com a homologação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, o número de aterros no Brasil aumentou significativamente e conseqüentemente aumentou o interesse no potencial de exploração do biogás de aterro como combustível para geração de energia (RODRIGUES, 2014). No entanto, a utilização do biogás para produção de energia elétrica além de reduzir a emissão de gases do efeito estufa, engloba também processos de eficiência energética e negociações no mercado de carbono (ALMEIDA et al., 2016).

Por mais eficiente que seja um gerador termelétrico, grande parte da energia contida no combustível usado para seu acionamento é transformada em calor e dissipada. Como muitos processos necessitam de calor (vapor ou água quente), foi desenvolvida uma técnica de integração energética, a cogeração, em que o calor produzido na geração elétrica pode ser capturado e aproveitado em processos que demandam calor (CARVALHO, 2011).

Os sistemas de cogeração de energia podem representar uma nova fronteira na geração de energia, como forma de complementação aos sistemas existentes (BARBELI, 2015). A avaliação de plantas de cogeração é relativamente complexa, não somente pela complexidade legislativa, mas também pela complexidade e variedade tecnológica das plantas de cogeração e pela dificuldade de mensurar os parâmetros que determinam sua eficiência, especialmente no que se refere a medir o calor útil produzido. Segundo Costa et al. (2016), é frequente, na literatura científica, ao avaliar-se o potencial de geração de metano, quantificar também a eletricidade produzida a partir do biogás de aterro, assim como a viabilidade econômica de projetos de cogeração.

O objetivo deste trabalho é realizar os cálculos necessários para aproveitamento do calor cogorado por um motor que opera com biogás gerado no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, e desenvolver a viabilidade econômica da planta de cogeração, contabilizando os custos envolvidos na aquisição e construção da planta de cogeração, e incluindo gastos com pessoal, manutenção e operação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O potencial de aproveitamento energético de resíduos urbanos é grande (DELFINO, 2016): estimativas da Empresa de Pesquisa Energética indicam para o ano de 2030 um potencial de geração de eletricidade a partir de RSU da ordem de 17.550MW, sendo 15% destes correspondentes a utilização de biogás de aterro. A única forma de aproveitamento energético dos RSU já explorada no Brasil é em aterros, correspondendo somente a apenas 0,05% (75,5 MW) da capacidade instalada de geração de eletricidade, usando somente cerca um terço do potencial existente (BRASIL, 2016).

A utilização de biogás como combustível para geração de eletricidade é possível em motores Ciclo Otto e em microturbinas a gás, segundo Rodrigues (2014), os motores são mais utilizados. Cogeração é a produção combinada *in situ* de duas formas de energia (*e.g.*, calor e eletricidade) a partir de um único recurso energético (BALESTIERI, 2002). A cogeração industrial é sua forma mais comum, mas pode ser aplicada sempre que existam demandas energéticas regulares, por exemplo, em edifícios (LOZANO et al., 2009), hospitais (ROMERO; CARVALHO; MILLAR, 2014), em minas (CARVALHO et al., 2014) e em aterros sanitários (CHACARTEGUI et al., 2015).

Os motores alternativos apresentam uma dificuldade, em comparação a outros módulos de cogeração (*e.g.*, turbinas a gás), quando aplicados para cogeração. Há várias contribuições (fontes) de calor com diferentes níveis térmicos, em geral bastante baixos (BOYCE, 2004). A instalação de motores em sistemas de cogeração é um desafio, já que consiste na utilização adequada do calor. Existem cinco fontes de energia térmica que podem ser recuperadas em motores alternativos (BALESTIERI, 2002): gases de exaustão (ou gases de escape), água de refrigeração das camisas, água de refrigeração do óleo lubrificante, água de refrigeração do ar comprimido pelo turbo compressor, e o calor de radiação do motor e refrigeração do alternador.

Os gases de escape contém aproximadamente um terço da energia do combustível, que pode ser usado para produzir vapor ou água quente (HORLOCK, 1987). Para melhor aproveitamento térmico da água do motor, suas fontes de calor se separam em duas correntes (ARTEAGA, 2010): uma é o circuito de alta temperatura, composto pela refrigeração das camisas e dos cilindros (a água sai geralmente a 90°C), e o circuito de baixa temperatura, que integra a segunda etapa de refrigeração do ar de admissão e refrigeração do óleo (a temperatura de saída desta água é 40-50°C).

A água de refrigeração das camisas do motor produz água a altas temperaturas para diversos usos (ARTEAGA, 2010). Passando esta água por um trocador de calor ar-água, pode-se obter o ar quente necessário para evaporar a água presente no lixiviado. Neste caso, a água circula (com ajuda de uma bomba), se aquece ao passar pelo bloco do motor e este calor é cedido no trocador de calor. Este trocador de calor é basicamente uma serpentina por onde circula a água, e um ventilador para forçar o fluxo de ar.

A água de refrigeração do óleo e do ar de admissão, depois de atravessar o turbo compressor, são raramente aproveitados, devido a sua baixa temperatura (HORLOCK, 1987). Em algumas ocasiões, este calor é usado para pré-aquecer a água do circuito anterior, mas geralmente é descartado a atmosfera por meio de uma torre de refrigeração. O calor irradiado pelo motor e da refrigeração do alternador também são difíceis de serem aproveitados devido ao seu baixo nível térmico.

As contribuições energéticas em um motor são, basicamente: i) gases de exaustão, a 400-500°C, que geralmente contém 22% de energia recuperável; ii) água quente a alta temperatura, que contém 14% de energia recuperável; iii) água quente a baixa temperatura, que contém 8% de energia recuperável; e iv) perdas de calor no alternador e no próprio motor, chegando a 4% de energia recuperável.

A vantagem competitiva da cogeração sobre a geração tradicional é devido ao aproveitamento do calor. O motor possui a vantagem de um maior rendimento elétrico a baixas potências, porém menos calor aproveitável a altas temperaturas em comparação a turbinas. Devido ao complemento por

eficiência, a vantagem de economia energética se transforma em vantagens econômicas com redução de custos associados ao combustível adicional necessário para produção de calor.

O primeiro projeto de cogeração de energia industrial a partir do biogás a entrar em operação na América Latina, segundo GE ReportsBrazil (2015), foi na fábrica da Bio Springer do Brasil, em Valinhos, interior de São Paulo. Em Guatapar (SP), o aterro do município recebe diariamente caminhões com lixo residencial e industrial vindo de cidades vizinhas; o biogás é processado e transformado em energia, resultando na geração de 4.2 MW (que consegue abastecer 13.000 domicílios, mais que toda a população de Guatapar) (GE REPORTS BRAZIL, 2015). Belo Horizonte se tornou um exemplo no aproveitamento de resíduos para a geração de energia no país: o biogás da unidade de tratamento de resíduos sólidos da cidade é captado e serve de biocombustível para motores com capacidade combinada de 5.5 MW (conseguindo abastecer 60.000 domicílios).

O processo de cogeração é a conversão simultânea e sequencial de duas ou mais formas de energia a partir de uma única fonte combustível. Este combustível empregado na instalação libera sua energia em um dispositivo acionador ou em um gerador de vapor, seguindo por diversas conversões dessa energia em eletricidade e calor. Em aterros sanitários o processo de geração de energia elétrica gerada a partir do biogás, gera também o calor que pode ser utilizado em um sistema de evaporação de lixiviados, evaporando a água e queimando os compostos voláteis presentes no lixiviado (THOMAZONI, 2014).

3. METODOLOGIA

3.1 Calor til Produzido em uma Planta de Cogeração

As seguintes condições básicas devem ser cumpridas para que uma planta de cogeração produza os benefícios esperados: i) que o calor gerado como conseqüência de um processo de geração de eletricidade possa ser aproveitado, substituindo calor gerado com consumo adicional de combustível; ii) que a eletricidade gerada no processo de cogeração evite a produção de eletricidade, que de outra maneira seria gerada em plantas de potência (consumindo combustível); e iii) que exista um sistema energético que permita que as plantas de cogeração estejam conectadas, de forma que toda a eletricidade possa ser aproveitada por meio de uma rede de distribuição, evitando perdas no transporte e distribuição.

A demanda de calor útil, definida por meio de sua quantidade e qualidade, é determinante e condicionante para a localização, tamanho e configuração da planta de cogeração. De fato, uma planta de cogeração se projeta para gerar energia elétrica e, simultaneamente, fornecer calor a um processo. Este calor gerado simultaneamente a eletricidade é um fluxo de matéria com conteúdo de calor. Se pode dizer que a cogeração gera eletricidade e fluidos portadores de calor simultaneamente; estes últimos podem ser água líquida ou fluidos térmicos (gases de escape ou vapor d'água), que são úteis para substituir demandas térmicas do centro consumidor. Esta substituição pode ser total ou parcial.

3.1.1 Determinação do Calor Útil de Acordo com o Meio Transmissor de Calor

Os fluidos portadores de calor circulam em um circuito secundário fechado e permitem uma transferência de calor para os processos que demandam energia térmica. Este é o tipo de meio que utiliza-se para calcular o calor útil cogeração, que pode ser utilizado em uma planta de tratamento de lixo no ASMJP. A expressão para o calor útil ($Q_{\text{útil}}$) é (SONNTAG; BORGNAKKE; VAN WYLEN, 2003) (Equação 1):

$$Q_{\text{útil}} = m \cdot C_p \cdot (T_s - T_e) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde m é a massa de água (kg), C_p é o calor específico do fluido, e T_e e T_s referem-se às temperaturas de entrada e saída do fluido, respectivamente. Em geral, os fluidos portadores de calor são gerados em caldeiras (sem cogeração) ou em geradores de recuperação (no caso de cogeração). Às vezes, em sistemas com motores alternativos, a água de refrigeração pode ser usada diretamente para ceder calor útil. No caso de estudo aqui abordado, este calor se extrai do circuito de refrigeração das camisas do motor, por onde circula água.

Os dados utilizados para realizar os cálculos são: C_p (água): 1,01 kJ/kg·K, $T_s = 363^\circ\text{C}$, e quantidade de água 230 kg (segundo fabricante). A Tabela 1 mostra a temperatura média mensal para a cidade de João Pessoa (dados extraídos de CLIMATICUS 4.2, 2005).

Tabela 1. Temperaturas médias mensais históricas para João Pessoa.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
Temperatura Média ($^\circ\text{C}$)	25,8	25,2	28,2	25,5	27	26,2
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura Média ($^\circ\text{C}$)	23,7	25,4	27,5	27,7	27	24,1

Fonte: (CLIMATICUS 4.2, 2005).

3.2 Motor Jenbacher420 J GS-C21

A Tabela 2 mostra as características técnicas do motor420 J GS (GE POWER, 2016).

Tabela 2. Especificações técnicas do motor Jenbacher 420 J GS.

	Potência Elétrica (kW)	Potência Térmica (kW)	Energia Consumida (kW)	Rendimento Elétrico	Rendimento Térmico
JMS 420 GS	1.413	1.420	3.375	41,87%	42,07%

Fonte: (GE POWER, 2016).

O custo de investimento referente a compra do motor foi com base no custo do motor GEJenbacher J320, de US\$ 850.000,00 (FRANÇA JUNIOR, 2008). O custo do motor Jenbacher JMS 420 GS-B.L. foi estimado pela equação (2) segundo Bejan et al. (1996):

$$C_{PE,Y} = C_{PE,W} \cdot \left(\frac{X_Y}{X_W}\right)^\alpha \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo: $C_{PE,Y}$ = custo do motor de combustão interna desconhecido [US\$], $C_{PE,W}$ = custo do motor de combustão interna conhecido [US\$], XY = potência elétrica gerada pelo motor de combustão interna

com custo desconhecido [kW], XW = potência elétrica gerada pelo motor de combustão interna com valor conhecido [kW], α = expoente, que para os motores de combustão interna com potência entre 7 kW e 10 MW é de 0,81.

3.3 Viabilidade Econômica de uma Planta de Cogeração

Um sistema de cogeração é projetado fundamentalmente para economizar nos custos, e potencialmente ser até uma fonte de renda. Dado que basicamente são as economias os benefícios que justificam o projeto, o processo prévio a tomada de decisão terá como objetivo fundamental determinar se realmente a cogeração é uma opção que permite alcançar estes objetivos. Porém a economia obtida pela cogeração se justifica pela produção elétrica e não pela produção de calor, já que o valor da energia elétrica permite recuperar os investimentos necessários.

O fator mais importante para definir se a cogeração é ou não economicamente rentável é a diferença entre o custo da eletricidade e o custo do combustível. Em princípio, quanto maior seja essa diferença, mais favorecido será o projeto de cogeração. O custo de combustível neste projeto não é um problema, já que é grátis ao ser extraído diretamente do aterro. Obviamente, outros custos serão aplicáveis.

3.3.1 Receita

Publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 17 de abril de 2012, a Resolução Normativa nº482/2012 estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e define o sistema de compensação de energia elétrica (BRASIL, 2012). Em 2015, a ANEEL ampliou as possibilidades para mini e microgeração distribuída, que começaram sua vigência em março de 2016, e será permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada (BRASIL, 2015a). Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, os créditos podem ser utilizados nos 60 meses seguintes (BRASIL, 2015b). Porém aqui não se considerou adesão a Resolução Normativa nº482/2012.

A tarifa aqui utilizada para venda de excedente de eletricidade foi a mesma de Borba et al. (2017), R\$0,20/kWh. Uma vez selecionada a tarifa a ser aplicada, pode-se calcular a receita bruta, que é a produção elétrica anual multiplicada pela tarifa.

3.3.2 Gastos

Os gastos associados ao funcionamento da planta de cogeração são definidos pelas atividades necessárias para o correto funcionamento da planta, assim como o custo amortizável do investimento inicial.

a) Pessoal: Para o bom funcionamento da planta, necessita-se de um supervisor por turno (controle, supervisão e manutenção), totalizando três empregados. Necessita-se também de um chefe de planta, que trabalharia 20 horas por semana.

b) Manutenção: Considera-se uma revisão anual, feita por empresa especializada em manutenção de equipamentos eletromecânicos.

c) Gastos de material: Ainda que o investimento inicial se faça no primeiro ano, para efeitos financeiros, a amortização ocorrerá ao longo de quinze anos (7% a.a.) para todos os equipamentos e obras feitas, com o custo anual sendo o resultado do investimento inicial multiplicado pelo fator de recuperação do capital, e acrescido de 15% (para contabilizar custos de engenharia, transporte, instalação, supervisão, taxas de serviço e contingência) O fator de recuperação de capital, *frc*, é dado pela Equação 3:

$$frc = \frac{iy_r \cdot (1 + iy_r)^{ny_r}}{(1 + iy_r)^{ny_r} - 1} \quad \text{(Equação 3)}$$

3)

Onde *nyr* é o número de anos considerado, e *iyr* a taxa de juros correspondente.

d) Gastos de maquinaria e transporte: Aqui se considera a aquisição de ferramentas e equipamentos de proteção individual para os operários, e também um veículo 4x4 para deslocamento no aterro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra a quantidade de calor útil necessária para o tratamento de lixiviado.

Tabela 3. Quantificação do calor útil para tratamento de lixiviado.

Mês	Temperatura ambiente (K)	Calor útil (kJ)	Calor útil (kW)
Janeiro	298,95	14.805,16	4,11
Fevereiro	298,35	14.943,85	4,15
Março	301,35	14.250,40	3,96
Abril	298,65	14.874,50	4,13
Mai	300,15	14.527,78	4,04
Junho	299,35	14.712,70	4,09
Julho	296,85	15.290,57	4,25
Agosto	298,55	14.897,62	4,14
Setembro	300,65	14.412,20	4,00
Outubro	300,85	14.365,97	3,99
Novembro	300,15	14.527,78	4,04
Dezembro	297,25	15.198,11	4,22
		TOTAL	49,12

Fonte: Autores, 2017.

A quantidade de calor necessária por ano é $8760 \cdot 49,12 = 430.263,90$ kWh. Consulta aos dados técnicos do fabricante do motor Jenbacher420 J GS-C21 retorna o resultado de 418 kW a dissipar (calor das camisas). A Tabela 4 mostra o resultado anual para o calor dissipado pelas camisas do motor, que deve ser acrescido do calor produzido (obtido a partir do rendimento térmico, e limitado pela capacidade nominal do equipamento).

Tabela 4. Calor cogeração pelo motor Jenbacher420 J GS-C21 de acordo com a produção de biogás no ASMJP.

Ano	Biogás (kWh)	Horas de acumulação de biogás (nº)	Horas de funcionamento a 100% (nº)	Produção elétrica Anual (kWh)	Calor aproveitado das camisas (kWh)
2003	0,11	30.151,28	0,29	410,53	121,44
2004	0,16	21.058,07	0,42	587,80	173,88
2005	3,15	1.069,85	8,19	11.569,71	3.422,60
2006	4,37	771,75	11,35	16.038,81	4.744,67
2007	6,28	537,83	16,29	23.014,51	6.808,25
2008	7,73	436,36	20,08	28.366,42	8.391,48
2009	10,36	325,82	26,89	37.990,04	11.238,38
2010	12,10	278,90	31,41	44.381,85	13.129,24
2011	16,24	207,85	42,15	59.552,68	17.617,14
2012	20,60	163,81	53,48	75.561,05	22.352,81
2013	24,98	135,09	64,85	91.626,75	27.105,44
2014	32,97	102,36	85,58	120.930,42	35.774,18
2015	40,68	82,97	105,57	149.176,82	44.130,16
2016	55,25	61,08	143,41	202.638,67	59.945,48
2017	72,11	46,80	187,17	264.473,39	78.237,71
2018	94,66	35,65	245,70	347.167,04	102.700,51
2019	125,02	27,00	324,50	458.513,98	135.639,66
2020	166,18	20,31	431,32	609.454,45	180.291,55
2021	222,33	15,18	577,07	815.404,35	241.216,57
2022	299,43	11,27	777,18	1.098.160,56	324.862,79
2023	405,90	8,31	1.053,53	1.488.633,16	440.374,14
2024	553,72	6,10	1.437,20	2.030.766,30	600.750,40
2025	759,96	4,44	1.972,52	2.787.167,99	824.512,54
2026	1.048,99	3,22	2.722,72	3.847.197,02	1.138.095,08
2027	1.455,64	2,32	3.778,19	5.338.582,94	1.579.283,56
2028	2.911,28	1,16	7.556,38	10.677.165,87	3.158.567,12
2029	2.683,03	1,26	6.963,96	9.840.076,07	2.910.935,45
2030	2.464,10	1,37	6.395,72	9.037.153,19	2.673.411,21
2031	2.254,49	1,50	5.851,66	8.268.397,25	2.445.994,37
2032	2.054,20	1,64	5.331,78	7.533.808,24	2.228.684,96
2033	1.863,22	1,81	4.836,08	6.833.386,16	2.021.482,95
2034	1.681,55	2,01	4.364,57	6.167.131,01	1.824.388,37
2035	1.509,21	2,24	3.917,23	5.535.042,79	1.637.401,19
2036	1.346,17	2,51	3.494,07	4.937.121,50	1.460.521,43
2037	1.192,46	2,83	3.095,09	4.373.367,14	1.293.749,09
2038	1.048,06	3,22	2.720,30	3.843.779,71	1.137.084,16
2039	912,98	3,70	2.369,68	3.348.359,22	990.526,65
2040	787,21	4,29	2.043,25	2.887.105,65	854.076,55
2041	670,76	5,03	1.740,99	2.460.019,02	727.733,86
2042	563,62	5,99	1.462,92	2.067.099,31	611.498,59

Fonte: Autores, 2017.

Observa-se que nos primeiros anos não há calor suficiente para evaporação do lixiviado. Porém nestes anos, não se forma suficiente lixiviado, que pode ser armazenado, e uma vez que se obtenha suficiente calor, a planta de tratamento de lixiviado começa a operar.

A Tabela 5 mostra os gastos associados a operação da planta de cogeração. Os números antes das especificações indicam um multiplicador anual.

Tabela 5. Gastos anuais associados com a planta de cogeração.

Gastos com Pessoal			
0,5	Chefe de Planta*	R\$ 69.189,12	R\$ 34.594,56
3	Operadores	R\$ 43.243,20	R\$ 129.729,60
		TOTAL	R\$ 164.324,16
*O custo do chefe da planta será dividido com o gerenciamento do aterro.			
Gastos com Manutenção			
1	Manutenção anual	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
		TOTAL	R\$ 10.000,00
Investimento inicial*			
0,11	Motor	R\$ 3.980.501,88	R\$ 437.037,71
0,11	Depósito	R\$ 20.000,00	R\$ 2.195,89
0,11	Sistema de encanamento	R\$ 50.000,00	R\$ 5.489,73
		TOTAL	R\$ 444.723,33
*Amortização de equipamentos ao longo de 15 anos (frc = 0,11)			
Gastos com Manutenção			
1	Manutenção anual	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
		TOTAL	R\$ 8.000,00
Gastos com Maquinaria e Transporte			
0,1	Veículo 4x4	R\$ 80.000,00	R\$ 8.000,00
1	Ferramentas e EPIs	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
		TOTAL	R\$ 9.000,00

Fonte: Autores, 2017.

Entre os anos de 2003 e 2018, ocorre a amortização do investimento, com custos anuais mais altos. A Tabela 6 mostra o balanço econômico para o sistema de cogeração instalado no ASMJP. Como se observa, a receita nos primeiros anos não supera os gastos. Porém, a partir de 2022, ao aumentar a produção elétrica aumenta também a receita, e portanto o resultado neto resulta positivo, certificando que a instalação proposta é rentável. O somatório da receita gerada com venda de eletricidade foi de R\$ 21.551.275,87, a soma total dos gastos anuais foi de R\$ 14.768.539,74, e a soma total dos balanços netos anuais é R\$ 6.782.736,12. Ou seja, o balanço econômico total, ao longo da vida útil do aterro, é de pouco menos de R\$ 7 milhões positivos.

Tabela 6. Balanço econômico para o sistema de cogeração.

Ano	Produção elétrica anual (kWh)	Lucro Bruto (R\$)	Gastos (R\$)	Resultado Neto (R\$)
2003	410,53	R\$ 82,11	R\$ 635.361,87	-R\$ 635.279,77
2004	587,80	R\$ 117,56	R\$ 635.361,87	-R\$ 635.244,31
2005	11.569,71	R\$ 2.313,94	R\$ 635.361,87	-R\$ 633.047,93
2006	16.038,81	R\$ 3.207,76	R\$ 635.361,87	-R\$ 632.154,11
2007	23.014,51	R\$ 4.602,90	R\$ 635.361,87	-R\$ 630.758,97
2008	28.366,42	R\$ 5.673,28	R\$ 635.361,87	-R\$ 629.688,59
2009	37.990,04	R\$ 7.598,01	R\$ 635.361,87	-R\$ 627.763,86
2010	44.381,85	R\$ 8.876,37	R\$ 635.361,87	-R\$ 626.485,50
2011	59.552,68	R\$ 11.910,54	R\$ 635.361,87	-R\$ 623.451,34
2012	75.561,05	R\$ 15.112,21	R\$ 635.361,87	-R\$ 620.249,66
2013	91.626,75	R\$ 18.325,35	R\$ 635.361,87	-R\$ 617.036,52
2014	120.930,42	R\$ 24.186,08	R\$ 635.361,87	-R\$ 611.175,79
2015	149.176,82	R\$ 29.835,36	R\$ 635.361,87	-R\$ 605.526,51
2016	202.638,67	R\$ 40.527,73	R\$ 635.361,87	-R\$ 594.834,14
2017	264.473,39	R\$ 52.894,68	R\$ 635.361,87	-R\$ 582.467,19
2018	347.167,04	R\$ 69.433,41	R\$ 635.361,87	-R\$ 565.928,46
2019	458.513,98	R\$ 91.702,80	R\$ 191.324,16	-R\$ 99.621,36
2020	609.454,45	R\$ 121.890,89	R\$ 191.324,16	-R\$ 69.433,27
2021	815.404,35	R\$ 163.080,87	R\$ 191.324,16	-R\$ 28.243,29
2022	1.098.160,56	R\$ 219.632,11	R\$ 191.324,16	R\$ 28.307,95
2023	1.488.633,16	R\$ 297.726,63	R\$ 191.324,16	R\$ 106.402,47
2024	2.030.766,30	R\$ 406.153,26	R\$ 191.324,16	R\$ 214.829,10
2025	2.787.167,99	R\$ 557.433,60	R\$ 191.324,16	R\$ 366.109,44
2026	3.847.197,02	R\$ 769.439,40	R\$ 191.324,16	R\$ 578.115,24
2027	5.338.582,94	R\$ 1.067.716,59	R\$ 191.324,16	R\$ 876.392,43
2028	10.677.165,87	R\$ 2.135.433,17	R\$ 191.324,16	R\$ 1.944.109,01
2029	9.840.076,07	R\$ 1.968.015,21	R\$ 191.324,16	R\$ 1.776.691,05
2030	9.037.153,19	R\$ 1.807.430,64	R\$ 191.324,16	R\$ 1.616.106,48
2031	8.268.397,25	R\$ 1.653.679,45	R\$ 191.324,16	R\$ 1.462.355,29
2032	7.533.808,24	R\$ 1.506.761,65	R\$ 191.324,16	R\$ 1.315.437,49
2033	6.833.386,16	R\$ 1.366.677,23	R\$ 191.324,16	R\$ 1.175.353,07
2034	6.167.131,01	R\$ 1.233.426,20	R\$ 191.324,16	R\$ 1.042.102,04
2035	5.535.042,79	R\$ 1.107.008,56	R\$ 191.324,16	R\$ 915.684,40
2036	4.937.121,50	R\$ 987.424,30	R\$ 191.324,16	R\$ 796.100,14
2037	4.373.367,14	R\$ 874.673,43	R\$ 191.324,16	R\$ 683.349,27
2038	3.843.779,71	R\$ 768.755,94	R\$ 191.324,16	R\$ 577.431,78
2039	3.348.359,22	R\$ 669.671,84	R\$ 191.324,16	R\$ 478.347,68
2040	2.887.105,65	R\$ 577.421,13	R\$ 191.324,16	R\$ 386.096,97
2041	2.460.019,02	R\$ 492.003,80	R\$ 191.324,16	R\$ 300.679,64
2042	2.067.099,31	R\$ 413.419,86	R\$ 191.324,16	R\$ 222.095,70

Fonte: Autores, 2017.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi alcançado com sucesso, pois foi possível estabelecer a quantidade de calor necessária para o tratamento de lixiviado, realizar os cálculos para quantificação do calor útil cogeração motor Jenbacher 420 GS-BL e confirmar a viabilidade do tratamento de lixiviado com o calor cogeração. Observa-se que nos primeiros anos não há calor suficiente para evaporação do lixiviado. Porém nestes anos, não se forma suficiente lixiviado, que pode ser armazenado, e uma vez que se obtenha suficiente calor, a planta de tratamento de lixiviado começa a operar.

Em seguida, confirmou-se a viabilidade econômica da planta de cogeração, considerando todos os gastos associados a construção e operação do sistema, e que toda eletricidade é vendida. Apesar do balanço econômico ser negativo inicialmente, a partir de 2022 a produção elétrica aumenta, aumentando também a receita, e portanto o resultado neto resulta positivo, certificando que a instalação proposta é rentável. Trabalhos futuros dos autores incluem o estudo detalhado do sistema de desidratação de lixiviado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 303199/2015-6), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado da aluna Dayse Pereira do Nascimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H.C. et al. Potencial de geração de energia elétrica e de créditos de carbono a partir da estimativa de emissão de metano em aterro sanitário no sudoeste do Paraná. **Rev. Engenharia e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 116-130, 2016.
- ARTEAGA, J. A. F. **Análise energética e exérgica de um sistema de cogeração com motores de combustão interna**. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2010.
- BALESTIERI, J. A. P. **Cogeração: Geração combinada de eletricidade e calor**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2002.
- BARBELI, M. C. **Empreendedorismo, Gestão e Negócios**, v. 4, n. 4, Mar. 2015, p. 238-246.
- BEJAN, A., TSATSARONIS, G., MORAN, M. **Thermal design & optimization**. Hoboken: John Wiley, 1996.
- BORBA, J. E. M. et al. **Viabilidade da Cogeração em Indústria Sucroenergética; Parte 1**. EPERSOL 2017.
- BOYCE, M. **Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants**. 2004. New York, NY: American Society of Mechanical Engineers, v. 1.
- BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Resolução Normativa Nº 482, de 17 de Abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. 2012.

BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. 2015a.

BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída. 2015b. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_area=90>. Acesso em 20/05/2016.

BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**. BIG - Banco de Informações de Geração. Acesso: 09/05/2017.

CARVALHO, M. **Thermoeconomic and environmental analyses for the synthesis of polygeneration systems in the residential-commercial sector**. University of Zaragoza, PhD. Thesis, 2011.

CARVALHO, M. et al. Optimal synthesis of energy supply systems for remote open pit mines. **Applied Thermal Engineering**, v. 64, n. 1, p. 315-330, 2014.

CHACARTEGUI, Ricardo et al. Analysis of a CHP plant in a municipal solid waste landfill in the South of Spain. **Applied Thermal Engineering**, v. 91, p. 706-717, 2015.

CLIMATICUS 4.2 - Software versão beta. Banco de dados Climáticos. **Estratégias de projeto 58 cidades brasileiras**. Base de dados do INMET 1961-1990. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Paulo - Departamento de Tecnologia - Laboratório de conforto ambiental e eficiência energética, 2005. Disponível em: <www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/Climaticus_4_2.xls>, consultado em 29/04/2017.

COSTA, A. N. et al. Análise de Risco do Aproveitamento Energético do Biogás de Aterros Sanitários para a Geração de Eletricidade. **Revista Tecnia**, v. 1, n. 2, p. 111-128, 2016.

DELFINO, Ana Paula Santos. **O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: as causas do subaproveitamento do biogás de aterro sanitário no Brasil**. 2016.

FRANÇA JUNIOR, A. T. **Análise do aproveitamento energético do biogás produzido numa estação de tratamento de esgoto**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, 2008.

GALIZA, J.; CAMPOS, A.F. Regulação de resíduos sólidos urbanos para geração de energia a partir do biogás: estudo de viabilidades em regiões da Grande Vitória/ES. **Revista Augustus**, v. 20, n. 40, p. 56-69, 2015.

GE POWER. **Jenbacher type 4**. Available at: <https://powergen.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/Jenbacher/Type%204/jenbacher-type-4-fs-en-metric-2016.pdf> Acesso: 09 mai 2017.

GE REPORTS BRAZIL. **Os motores Jenbacher da GE estão gerando energia limpa pelo Brasil!** Disponível em: <<http://www.gereportsbrasil.com.br/post/124233666344/os-motores-jenbacher-da-ge-est%C3%A3o-gerando-energia>> Acesso 09 mai 2017.

HORLOCK, J. H. **Cogeneration-Combined Heat and Power (CHP)**. Thermodynamics and economics. Pergamon press, Oxford, 1987.

IPCC - **INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE**. Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto protocol. 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/>> Acesso em 24 set 2016.

LOZANO, M. A. et al. Structure optimization of energy supply systems in tertiary sector buildings. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 10, p. 1063-1075, 2009.

RODRIGUES, F. R. **Análise da geração distribuída em aterros sanitários**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Porto Alegre, Departamento de Engenharia Elétrica, 2014.

ROMERO, A.; CARVALHO, M.; MILLAR, D. L. Application of a polygeneration optimization technique for a hospital in northern Ontario. **Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering**, v. 38, n. 1, p. 45, 2014.

SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C.; VAN WYLEN, G. J. **Fundamentos da Termodinâmica**. 6. ed. São Paulo: Blucher, [2003].

THOMAZONI, A. L. R. **Análise de aproveitamento energético em aterro sanitário baseada em cenários de geração de efluentes**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, 2014.

3.3 PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA - PB

NASCIMENTO, Dayse Pereira do

Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
dayse.pereira@cear.ufpb.br

MENEZES, Valeska Lisandra de

Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
menezes_valeska@hotmail.com

CHACARTEGUI, Ricardo

Departamento de Engenharia Energética da Universidad de Sevilla (Espanha)
ricardoch@us.es

CARVALHO, Monica

Departamento de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
monica@cear.ufpb.br

RESUMO

Para um aproveitamento ótimo do biogás extraído de um aterro sanitário, devem-se ter em conta variáveis econômicas, ambientais e tecnológicas. A partir de dados reais sobre a disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) na cidade de João Pessoa, aplicou-se o método GASSIM para estimar a geração de biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP) entre 2003 e 2042. Este trabalho realiza uma análise técnica dos motores disponíveis para produção de eletricidade a partir do biogás gerado no ASMJP. Motores comercialmente disponíveis foram selecionados, que operassem com biogás, e suas especificações técnicas foram analisadas em contraste com a produção de biogás, para verificação de produção de eletricidade. Para os valores de energia disponível no biogás do aterro, selecionou-se o motor Jenbacher420 J GS-C21 que foi o equipamento que proporcionou maior produção de eletricidade ao longo da vida útil do aterro, totalizando aproximadamente 108 GWh.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás, Eletricidade, Aterro Sanitário.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos dias aumentam as emissões de gases poluentes na atmosfera decorrente das atividades antropogênicas, uma dessas fontes são os aterros sanitários que contribuem para poluição atmosférica e agravamento do efeito estufa. Após a disposição dos resíduos no aterro sanitário inicia-se a decomposição anaeróbia e em seguida a decomposição aeróbia dos resíduos sólidos, gerando por sua vez gases e líquidos como resíduos (BRITO-FILHO, 2005).

Segundo Al-Jarrah e Abu-Qdais (2006), depois que resíduos sólidos são depositados em aterros sanitários, iniciam-se processos bioquímicos e físicos complexos, levando à produção de emissões líquidas e gasosas. Produz-se lixiviado, que contém componentes solúveis e produtos de degradação dos resíduos, assim como gases de efeito estufa, gerados durante a estabilização da fração orgânica dos resíduos sólidos.

O biogás captado no aterro sanitário pode ser aproveitado, podendo ser utilizado na geração de calor e/ou trabalho mecânico. Deste modo, evitam-se as emissões diretas de gases a atmosfera e abrem-se possibilidades e oportunidades para incluir o aterro sanitário no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Segundo Iclei (2009), o biogás de aterro, por ter um elevado teor de CH₄, pode ser aproveitado de diversas formas (e.g., produção de calor de processo, secagem de grãos em propriedades rurais, secagem de lodo em Estação de Tratamento de Esgoto, queima em caldeiras, aquecimento de granjeiras, iluminação a gás, tratamento de chorume, etc.).

Em relação ao aquecimento global, o Grupo Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 2013) citou a recuperação de biogás de aterro sanitário como uma das principais tecnologias e práticas de mitigação disponíveis comercialmente no setor de gestão de resíduos. A colheita de gás de aterro (ou biogás, que é majoritariamente constituído por metano) é uma importante estratégia de mitigação de impactos, uma vez que o metano é um gás componente do efeito estufa com maior potencial de aquecimento global do que o dióxido de carbono. O biogás é produzido pela decomposição de biomassa (materiais orgânicos) em aterros e é considerado uma valiosa fonte de energia renovável.

O desenvolvimento de projetos energéticos a base do aproveitamento de biogás de aterro é uma maneira eficaz de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE), vem melhorar a qualidade do ar local e controlar odores com benefícios ambientais e econômicos derivados do aproveitamento energético de biogás de aterro, em relação à comunidade, ao aterro em si e o usuário final da energia (CHACARTEGUI et al., 2015).

O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade técnica da implementação de um sistema de captura de biogás para geração de energia elétrica no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. A partir da estimativa de geração de biogás, calcula-se a energia contida no biogás, analisa-se a produção de eletricidade em motores comercialmente disponíveis, e seleciona-se a melhor opção desde um ponto de vista técnico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 2010, a qual trata da disposição final dos resíduos sólidos, e conforme o Art. 4º, capítulo I das disposições gerais da Lei nº 12.305, a PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

De acordo com a Prefeitura Municipal de João Pessoa, por conta do ainda precário sistema de coleta seletiva, muitos materiais com potencial de serem reciclados são aterrados sem o devido tratamento. Isso resulta na diminuição da vida útil do aterro, sem contar que prejudica toda a cadeia de reciclagem, interferindo na atividade dos catadores. O descarte indevido dos RSU é uma fonte de poluição ambiental, que polui o ar, o solo e os corpos hídricos.

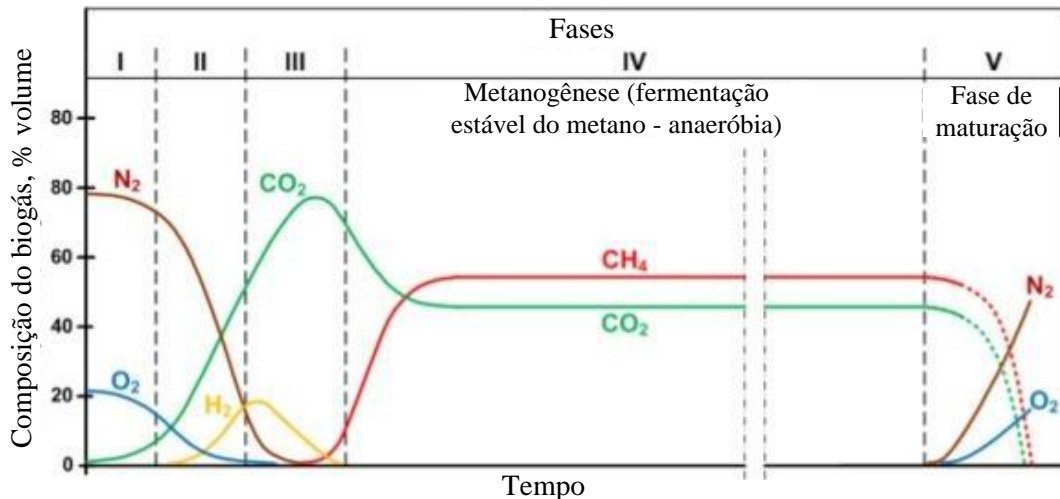
Segundo Brasil (2016), o gerenciamento adequado dos RSU tem como objetivo principal melhorar qualidade de vida da sociedade, dependendo basicamente de políticas públicas que tenham em seu escopo aspectos legais, financeiros, sociais e ambientais. A disposição final dos RSU produz emissões de gases de efeito estufa (GEE) e, com o aumento da população e do grau de urbanização, torna-se clara a necessidade de um correto gerenciamento da disposição final de resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2016).

Segundo Martins (2017), a composição gravimétrica dos resíduos especifica as contribuições de cada tipo de resíduo sólido, bem como o peso relativo de cada uma das frações. Esta especificação permite conhecer as características gerais dos resíduos e seu comportamento quando submetidos a determinado tratamento, valorização ou deposição em aterros sanitários. A composição gravimétrica média dos resíduos coletados no Brasil permite, portanto, visualizar de um modo geral a participação de diferentes materiais. Porém esta composição varia muito por estados, uma vez que está diretamente relacionada aos hábitos, economia, consumo e descarte da população local (ABRELPE, 2011). A caracterização gravimétrica mais recente para o município de João Pessoa foi apresentada por Martins (2017): fração orgânica (32%), resíduo verde (16%), plástico (10%), finos (10%), material de higiene pessoal (9%), inflamáveis (6%), papelão (5%), papel (3%), vidro (2%), tecidos (2%), especiais (2%), inerte (2%), e metal (1%). A porcentagem de cada um destes materiais influi diretamente no potencial de geração de biogás, devido ao seu potencial de biodegradabilidade (CHACARTEGUI *et al.*, 2015).

A decomposição ocorre em diferentes fases distintas, durante a vida do aterro, e é afetado por diferentes fatores (*e.g.*, composição química, umidade, temperatura, pH, características físicas, tamanho das partículas, densidade, homogeneidade, potencial de óxido-redução, forma de construção e operação do aterro, e as dimensões do aterro) (TARAZONA, 2010).

A Figura 1 mostra os componentes produzidos na geração de biogás em suas diferentes fases e a variação dos componentes.

Figura 1. Produção dos componentes do biogás e suas fases de geração.



Fonte: Traduzido de *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 2016).

Na Figura 1, a descrição das fases segue USEPA (2016): a Fase I ocorre na presença de bactérias aeróbicas, que consomem oxigênio ao quebrar as cadeias moleculares longas de carboidratos complexos, proteínas e lipídeos que constituem os resíduos orgânicos. O subproduto primário deste processo é o dióxido de carbono. Esta fase continua até que o oxigênio disponível seja esgotado. Na Fase II há um processo anaeróbio, que não requer oxigênio. As bactérias convertem os compostos criados pelas bactérias aeróbicas em ácidos acético, láctico e fórmico e álcoois, tais como metanol e etanol. A medida que os ácidos se misturam com a umidade presente no lodo e o nitrogênio é consumido, o dióxido de carbono e o hidrogênio são produzidos. Na Fase III as bactérias anaeróbicas consomem os ácidos orgânicos produzidos na Fase II e formam o acetato, um ácido orgânico. Este processo faz com que o aterro se torne um ambiente mais neutro com bactérias produtoras de metano, que consomem o dióxido de carbono e acetato. Na Fase IV a composição e as taxas de produção de biogás permanecem relativamente constantes. O biogás geralmente contém aproximadamente 50-55% de metano em volume, 45-50% de dióxido de carbono e 2-5% de outros gases, tais como sulfetos. O biogás é produzido a uma taxa estável na Fase IV, tipicamente por cerca de 20 anos.

O gás gerado no aterro é composto por vários gases, em quantidades diferentes dependendo do tipo de resíduo e suas quantidades, podendo incluir metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), amônia (NH_3), hidrogênio (H_2), gás sulfídrico (H_2S), nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2) (CHACARTEGUI et al., 2015). Os projetos de geração de energia a partir do biogás entraram em cena pela primeira vez em meados do século XX e tiveram notoriedade durante a década de 1990 demonstrando sua eficiência, confiabilidade e redução de custos (USEPA, 2016). A promulgação de créditos fiscais federais e exigências regulatórias para a coleta e controle do biogás para aterros de grande porte nos Estados Unidos também ajudou a estimular o crescimento de projetos de energia a partir de biogás (USEPA, 2016). Outros fatores que podem ter contribuído para alavancar a quantidade de projetos para aproveitamento de biogás incluem as preocupações com mudanças climáticas globais e as demandas sociais pelo uso mais intenso de energias renováveis.

As três tecnologias mais usadas para gerar eletricidade a partir do biogás são os motores de combustão, turbinas a gás e microturbinas (USEPA, 2016). As aplicações de cogeração proporcionam uma maior eficiência, por isso vem crescendo em número. Além de produzir eletricidade, a cogeração

recupera e utiliza o calor gerado, podendo usar tecnologia de motores de combustão interna, turbinas a gás ou microturbinas.

O desenvolvimento econômico está intimamente ligado a uma maior geração de resíduos sólidos. Com o aumento da geração de resíduos sólidos, aumenta também o potencial de obtenção de energia a partir destes. A conversão energética dos resíduos sólidos caracteriza uma ação sustentável e traz benefícios como a geração de energia nos aterros sanitários a partir do lixo pode trazer benefícios sociais, assim como, gerar recursos financeiros e ainda baixar as altas contas de energia com as térmicas que estão frequentemente sendo acionadas para suprir as necessidades energéticas do país (MARTINS, 2016).

3. METODOLOGIA

3.1. Estimação da Geração de Biogás

Existem diferentes métodos descritos na literatura para estimar a geração de biogás em aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, que podem ser categorizados em modelos de ordem zero, de primeira ordem, multifásicos e de segunda ordem (OONK, BOOM, 1995). A *Environment Agency of England and Wales* (Agência Ambiental do Reino Unido) desenvolveu o modelo GasSim para avaliar as emissões geradas em aterros sanitários (GASSIM, 2002). O modelo GasSim se baseia em uma equação de primeira ordem levando em consideração que os resíduos biodegradáveis podem se enquadrar em três categorias dependendo da velocidade de degradação.

Este trabalho dá continuidade ao trabalho de Nascimento, Coelho Junior e Carvalho (2017), que a partir da disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) na cidade de João Pessoa, aplicaram o modelo GasSim para estimar a geração de biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP) entre 2003 e 2042 (Tabela 1).

3.2 Cálculo da Energia Contida no Biogás

Para o cálculo do poder calorífico inferior (PCI), foram utilizados valores de fração molar (Tabela 2) e da entalpia de formação dos componentes do biogás (Tabela 3).

Tabela 2. Fração molar dos componentes químicos do biogás.

Componentes do biogás	Fração molar
CH ₄	0,45
H ₂	0,12
CO ₂	0,25
O ₂	0,1
H ₂ S	0,0032

Fonte: Cabrera (2011).

Tabela 1. Geração de biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa¹.

RSU				RSU			
Matéria orgânica				Matéria orgânica			
Biogás total				Biogás total			
Ano	t/ano	t/ano	Nm ³ /h	Ano	t/ano	t/ano	Nm ³ /h
2003	154.852,76	88.266,07	0,02	2028	-	212.746,98	537,46
2004	156.780,14	89.364,68	0,03	2029	-	204.237,10	495,33
2005	142.105,03	80.999,87	0,58	2030	-	195.727,23	454,91
2006	163.637,53	93.273,39	0,81	2031	-	187.217,35	416,21
2007	194.631,78	110.940,11	1,16	2032	-	178.707,47	379,23
2008	198.358,99	113.064,62	1,43	2033	-	170.197,59	343,98
2009	219.041,66	124.853,75	1,91	2034	-	161.687,71	310,44
2010	210.315,42	119.879,79	2,23	2035	-	153.177,83	278,62
2011	231.091,81	131.722,33	3,00	2036	-	144.667,95	248,52
2012	239.113,89	136.294,92	3,80	2037	-	136.158,07	220,14
2013	235.367,56	134.159,51	4,61	2038	-	127.648,19	193,49
2014	250.873,59	142.997,95	6,09	2039	-	119.138,31	168,55
2015	248.529,85	141.662,01	7,51	2040	-	110.628,43	145,33
2016	269.472,52	153.599,34	10,20	2041	-	102.118,55	123,83
2017	278.905,96	158.976,39	13,31	2042	-	93.608,67	104,05
Previsão							
2018	288.339,39	164.353,45	17,48				
2019	297.772,83	169.730,51	23,08				
2020	307.206,27	175.107,57	30,68				
2021	316.639,70	180.484,63	41,05				
2022	326.073,14	185.861,69	55,28				
2023	335.506,58	191.238,75	74,93				
2024	344.940,01	196.615,81	102,22				
2025	354.373,45	201.992,87	140,30				
2026	363.806,89	207.369,93	193,66				
2027	373.240,32	212.746,98	268,73				

Fonte: Autores (2017).

Tabela 3. Entalpia de formação.

Entalpia de formação	kJ/Mol
H ₂ O	-285,83
CO ₂	-393,51
CH ₄	-74,81
H ₂	0
O ₂	0
SO ₂	-296,83
H ₂ S	-20,64

Fonte: ATKINS; JONES (2009).

Os calores de combustão foram calculados a partir das Equações 1-3:

¹fração orgânica (32%), resíduo verde (16%), plástico (10%), finos (10%), material de higiene pessoal (9%), inflamáveis (6%), papelão (5%), papel (3%), vidro (2%), tecidos (2%), especiais (2%), inerte (2%), e metal (1%) (MARTINS, 2017).

$$Q_{\text{bur;CH}_4} = 2 \cdot \Delta h_{\text{f;H}_2\text{O;bur}} + \Delta h_{\text{f;CO}_2\text{;bur}} - \Delta h_{\text{f;CH}_4\text{;bur}} - 2 \cdot \Delta h_{\text{f;O}_2\text{;bur}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$Q_{\text{bur;H}_2} = \Delta h_{\text{f;H}_2\text{O;bur}} - \Delta h_{\text{f;H}_2\text{;bur}} - 0,5 \cdot \Delta h_{\text{f;O}_2\text{;bur}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$Q_{\text{bur;H}_2\text{S}} = \Delta h_{\text{f;SO}_2\text{;bur}} + \Delta h_{\text{f;H}_2\text{O;bur}} - 3/2 \cdot \Delta h_{\text{f;O}_2\text{;bur}} - \Delta h_{\text{f;H}_2\text{S;bur}} \quad (\text{Equação 3})$$

Δh_f é a entalpia de formação em kJ/kmol e Q_{bur} o calor de combustão em kJ/kmol.

O cálculo do PCI é feito por meio da Equação 4:

$$\text{PCI} = - (X_{\text{CH}_4} \cdot Q_{\text{bur;CH}_4} + X_{\text{H}_2} \cdot Q_{\text{bur;H}_2} + X_{\text{H}_2\text{S}} \cdot Q_{\text{bur;H}_2\text{S}}) \quad (\text{Equação 4})$$

O PCI é o poder calorífico em kJ/kmol, X_i é a fração molar dos componentes do biogás. Para conversão de unidades, utilizou-se $1\text{J} = 2,778 \cdot 10^{-7} \text{kWh}$ e $1 \text{mol} = 22,4 \text{L}$.

O cálculo da energia disponível é feito por meio da Equação 5:

$$E_{\text{disponível}} = m \cdot \text{PCI} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde $E_{\text{disponível}}$ é a energia produzida no aterro anualmente em kWh, m é o total de biogás gerado anualmente no aterro em m^3/h , e o PCI é o poder calorífico em kWh/Nm^3 .

3.3 Análise dos Motores

A partir do cálculo da energia disponível foi feita uma seleção de motores com base na produção de energia anual. Motores comercialmente disponíveis foram selecionados, que operassem com biogás, e suas especificações técnicas foram analisadas em contraste com a produção de biogás, para verificação de produção de eletricidade. Foi analisado o consumo, desempenho, a produção de energia elétrica e combustível, características as quais melhor se adaptam às instalações no aterro.

De acordo com a disponibilidade online de manuais de fabricantes, foram analisados motores Rolls Royce, Jenbacher e Caterpillar. Uma análise inicial verificou que os motores Rolls Royce possuem alta potência nominal, demandando fluxos altos de biogás, indisponíveis no aterro sanitário municipal de João Pessoa. A análise técnica, portanto, concentrou-se em motores Jenbacher (JMS) e Caterpillar (série G e CG). A Tabela 4 mostra as características técnicas dos motores, construída a partir dos manuais dos fabricantes (JENBACHER, 2017; CATERPILLAR, 2017).

Tomando a energia disponível em kWh por ano no biogás, pode-se calcular a produção de eletricidade em cada um dos motores selecionados, que é limitada pela sua potência nominal. A partir da produção de eletricidade, procede-se ao cálculo do tempo de acumulação de biogás para que o motor opere a plena carga (dividindo-se a potência nominal pela energia disponível). A operação do motor está restrita a 8760 horas por ano.

Tabela 4. Características dos motores Jenbacher (JMS) e Caterpillar (série G e CG) pesquisados.

	Potência Elétrica (kW)	Potência térmica (kW)	Energia Consumida (kW)	Rendimento Elétrico	Rendimento Térmico
JMS 208	330	392	852	38,73%	46,01%
JMS 212	511	578	1.304	39,19%	44,33%
JMS 312	625	698	1.572	39,76%	44,40%
JMS 316	836	930	2.096	39,89%	44,37%
JMS 320	1.065	1.419	2.607	40,85%	54,43%
JMS 420	1.413	1.420	3.375	41,87%	42,07%
JMS 612	1.458	1.421	3.664	39,79%	38,78%
JMS 616	1.944	1.422	4.885	39,80%	29,11%
JMS 620	2.428	1.423	6.106	39,76%	23,30%
G3306	76	178	285	26,70%	62,40%
G3406	137	302	495	27,70%	61,10%
G3412	194	460	732	26,50%	62,90%
G3508A	408	580	1.267	32,20%	45,80%
G3512 LE	615	999	2.078	29,60%	48,10%
G3516A+	824	1.185	2.658	31,00%	44,60%
G3516A+	1.015	1.122	2.812	36,10%	39,90%
CG170-12	1.200	1.257	2.871	41,80%	43,80%
CG170-16	1.550	1.644	3.744	41,40%	43,90%

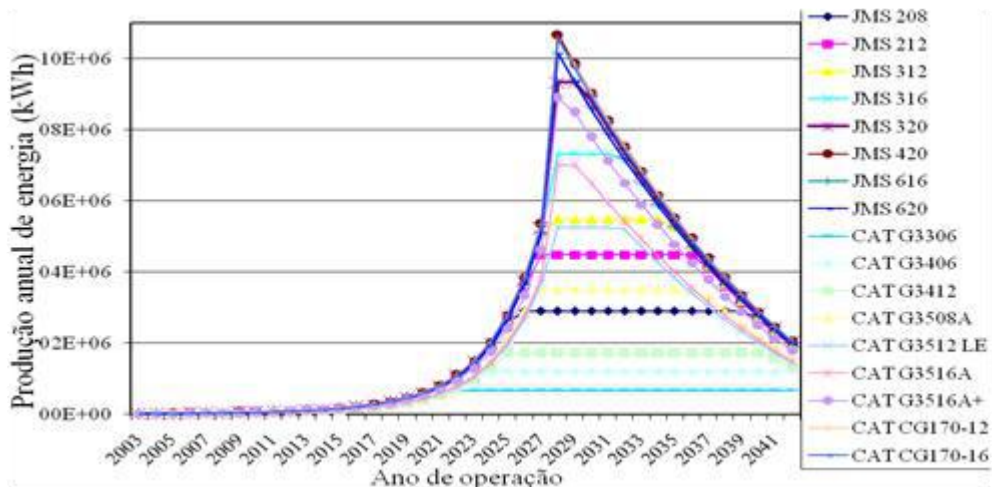
Fonte: Autores (2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o biogás gerado no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa foi calculado o PCI = 5,417 kWh/Nm³, e a energia disponível anualmente no aterro está apresentada na Tabela 5.

A partir da energia disponível (Tabela 5) e das características técnicas dos motores (Tabela 4), considerando-se as restrições de produção e operação já mencionadas, construiu-se o gráfico mostrado na Figura 1, que compara a produção de eletricidade nos motores pesquisados.

Figura 1. Produção de eletricidade em diferentes motores, a partir da produção de biogás estimada no ASMJP.



Fonte: Autores (2017)

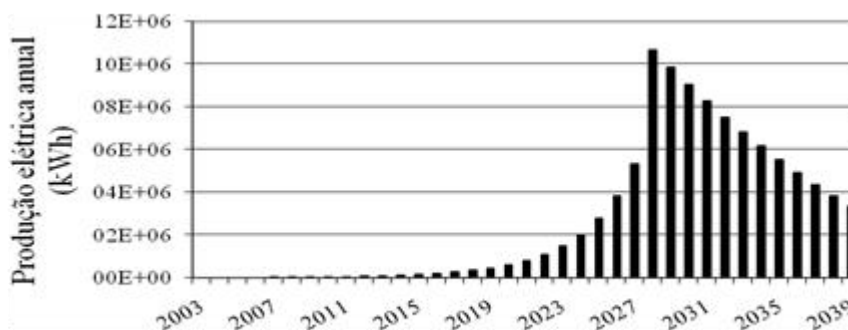
Tabela 5. Energia disponível produzida anualmente no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa/PB.

	Biogás total		Energia disponível			Biogás total		Energia disponível	
	Ano	Nm ³ /h	kWh			Ano	Nm ³ /h	kWh	
	2003	0,02	0,11		Encerramento	2028	537,46	2.911,28	
	2004	0,03	0,16			2029	495,33	2.683,03	
	2005	0,58	3,15			2030	454,91	2.464,10	
	2006	0,81	4,37			2031	416,21	2.254,49	
	2007	1,16	6,28			2032	379,23	2.054,20	
	2008	1,43	7,73			2033	343,98	1.863,22	
	2009	1,91	10,36			2034	310,44	1.681,55	
	2010	2,23	12,10			2035	278,62	1.509,21	
	2011	3,00	16,24			2036	248,52	1.346,17	
	2012	3,80	20,60			2037	220,14	1.192,46	
	2013	4,61	24,98			2038	193,49	1.048,06	
	2014	6,09	32,97			2039	168,55	912,98	
	2015	7,51	40,68			2040	145,33	787,21	
	2016	10,20	55,25			2041	123,83	670,76	
	2017	13,31	72,11			2042	104,05	563,62	
Previsão	2018	17,48	94,66						
	2019	23,08	125,02						
	2020	30,68	166,18						
	2021	41,05	222,33						
	2022	55,28	299,43						
	2023	74,93	405,90						
	2024	102,22	553,72						
	2025	140,30	759,96						
	2026	193,66	1.048,99						
	2027	268,73	1.455,64						

Fonte: Autores (2017).

O critério para a escolha do motor foi a produção total de eletricidade durante os anos de vida do aterro. Seguindo este critério, o motor Jenbacher JMS 420 foi o selecionado para instalação no aterro. Durante sua vida útil, este motor produzirá aproximadamente 108 GWh. Detalhes do seu funcionamento estão dispostos na Tabela 6, graficamente mostrado na Figura 2.

Figura 2. Produção anual de eletricidade do motor Jenbacher 420 GS-BL (A21), instalado no ASMJP



Fonte: Autores (2017).

Tabela 6. Funcionamento do motor JENBACHER 420 J GS-C21.

Ano	Horas de acumulação biogás (n°)	Horas anuais de funcionamento a 100% (n°)	Produção elétrica anual (kWh)
2003	30.151,28	0,29	410,53
2004	21.058,07	0,42	587,80
2005	1.069,85	8,19	11.569,71
2006	771,75	11,35	16.038,81
2007	537,83	16,29	23.014,51
2008	436,36	20,08	28.366,42
2009	325,82	26,89	37.990,04
2010	278,90	31,41	44.381,85
2011	207,85	42,15	59.552,68
2012	163,81	53,48	75.561,05
2013	135,09	64,85	91.626,75
2014	102,36	85,58	120.930,42
2015	82,97	105,57	149.176,82
2016	61,08	143,41	202.638,67
2017	46,80	187,17	264.473,39
2018	35,65	245,70	347.167,04
2019	27,00	324,50	458.513,98
2020	20,31	431,32	609.454,45
2021	15,18	577,07	815.404,35
2022	11,27	777,18	1.098.160,56
2023	8,31	1.053,53	1.488.633,16
2024	6,10	1.437,20	2.030.766,30
2025	4,44	1.972,52	2.787.167,99
2026	3,22	2.722,72	3.847.197,02
2027	2,32	3.778,19	5.338.582,94
2028	1,16	7.556,38	10.677.165,87
2029	1,26	6.963,96	9.840.076,07
2030	1,37	6.395,72	9.037.153,19
2031	1,50	5.851,66	8.268.397,25
2032	1,64	5.331,78	7.533.808,24
2033	1,81	4.836,08	6.833.386,16
2034	2,01	4.364,57	6.167.131,01
2035	2,24	3.917,23	5.535.042,79
2036	2,51	3.494,07	4.937.121,50
2037	2,83	3.095,09	4.373.367,14
2038	3,22	2.720,30	3.843.779,71
2039	3,70	2.369,68	3.348.359,22
2040	4,29	2.043,25	2.887.105,65
2041	5,03	1.740,99	2.460.019,02
2042	5,99	1.462,92	2.067.099,31

Fonte: Autores (2017).

Como todos os aterros sanitários geram metano, há muitas oportunidades para reduzir estas emissões por queima direta (tocha) ou coleta de biogás para geração de energia, sendo esta última alternativa uma ótima oportunidade para incluir o aterro sanitário no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A proposta do MDL é a implantação de um projeto, em um país em desenvolvimento, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e contribuir para o desenvolvimento sustentável local. Cada tonelada de GEE que deixa de ser emitida ou retirada da

atmosfera é transformada em unidade de crédito de carbono, chamada Redução Certificada de Emissões (RCE), que poderá ser negociada no mercado mundial (ICB, 2014).

A base de dados do *Landfill Methane Outreach Program* sobre aterros sanitários e projetos de energia com biogás descreve o desenvolvimento de projetos de energia em aterros sanitários nos Estados Unidos e possui 652 projetos registrados em 48 estados no território dos Estados Unidos; cerca de 75% desses projetos geram eletricidade, enquanto o restante são projetos de uso direto onde o biogás é usado como energia térmica (USEPA, 2016).

Restringindo a discussão a estudos publicados a partir de 2012, o trabalho de Ribeiro (2014) discute a geração de energia elétrica com resíduos sólidos urbanos, as sinas *waste-to-energy* (WTE). Especificamente no Brasil, o estudo de Souza e Valdés (2015) analisou o potencial energético do biogás proveniente do aterro sanitário de Palmas/TO para geração de energia elétrica, e a incineração de RSU para aproveitamento na cogeração de energia foi estudada para a região metropolitana de Goiânia por Morgado e Ferreira (2012). Em João Pessoa, o ASMJP já foi o objeto de estudo dos trabalhos de Araújo *et al.* (2017a, 2017b), que verificaram vários cenários de descarte final para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, e confirmaram, por meio do desenvolvimento de uma Avaliação de Ciclo de Vida, que a geração de eletricidade a partir dos resíduos de poda foi a opção mais vantajosa desde um ponto de vista ambiental. O trabalho de Nascimento *et al.* (2016) analisou o potencial de mitigação de mudanças climáticas da cidade de João Pessoa através do aproveitamento energético dos resíduos sólidos do Aterro Metropolitano da cidade, enquanto Nascimento e Carvalho (2016) discutiram uma possibilidade imediata para produção de eletricidade a partir da incineração direta.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi alcançado com sucesso, pois foi possível calcular a energia disponível no biogás gerado no Aterro Sanitário Municipal de João Pessoa, e verificar a viabilidade técnica da geração de eletricidade em motores comercialmente disponíveis. Motores Jenbacher e Caterpillar foram selecionados para análise mais detalhada, em virtude da disponibilidade *online* de manuais dos fabricantes. Após estabelecimento de restrições de produção e operação dos motores, selecionou-se o motor Jenbacher 420 GS-BL (A21) devido a maior produção de eletricidade, que ao longo da vida útil do aterro, poderia chegar a 108 GWh. Trabalhos futuros dos autores incluem o estudo de viabilidade técnica do aproveitamento do calor gerado neste motor para tratamento dos lixiviados do aterro, e estudo de viabilidade econômica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 303199/2015-6). E a CAPES pela bolsa de mestrado da aluna Dayse Pereira do Nascimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA et al. Potencial de geração de energia elétrica e de créditos de carbono a partir da estimativa de emissão de metano em aterro sanitário no Sudoeste do Paraná. *Revista de Engenharia e Tecnologia*. ISSN 2176-7270. V. 8, No. 3, Dez/2016.

AL-JARRAH, O.; ABU-QDAIS, H. Municipal solid waste landfill siting using intelligent system. *Waste Management* 26, 299–306, 2006.

ARAÚJO et al. Descarte de resíduos da poda urbana: análise ambiental e perspectivas de inclusão em esquemas de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para João Pessoa/PB. In: Congresso Internacional de Biomassa, 2, Curitiba, 2017a.

ARAÚJO et al. Pegada de carbono associada a quatro cenários de descarte para resíduos da poda urbana de João Pessoa/PB. In: Congresso Internacional de Biomassa, 2., Curitiba, 2017b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, Resíduos Sólidos Urbanos. São Paulo: [s.n.], 2011.

ATKINS, Peter W.; JONES, Loretta. *Princípios de Química-: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. Bookman Editora, 2009.

ATTENBOROUGH, G. M. et al. Development of a landfill gas risk assessment model: GasSim. *Proceedings for solid waste association of North America*, v. 25, p. 25-28, 2002.

BRASIL, 2010. Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2012. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso: 20 de janeiro de 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>>. Acesso 11 nov 2016.

BRITO FILHO, L. F. Estudo de Gases em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação (Mestrado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. 2015.

CABRERA, E. G. Analisis de Productos y Procesos en un Vertedero R.S.U. para su Aprovechamiento Energético. Relatório, Engenharia Técnica Industrial, Universidade de Sevilha. Sevilha, Espanha: US, 2011.

CARTEPILLAR. Gás generator sets. Catálogos informativos. Disponível em www.cat.com, acesso em 10 de maio de 2017.

CHACARTEGUI, Ricardo *et al.* Analysis of a CHP plant in a municipal solid waste landfill in the South of Spain. *Applied Thermal Engineering*, v. 91, p. 706-717, 2015.

COSTA et al. Análise de Risco do Aproveitamento Energético do Biogás de Aterros Sanitários para a Geração de Eletricidade. *Revista Tecnia*. v. 1. n. 2. 2016.

GE-Energy. Jenbacher biogas engine. Catálogos. Disponível em www.ge-energy.com, acesso em 10 de maio de 2017.

ICB - INSTITUTO CARBONO BRASIL, 2014. <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br>> Acesso: 02 de novembro de 2014.

ICLEI – Manual de Aproveitamento do biogás: volume um aterro sanitário. Governos Locais pela Sustentabilidade, Secretariado para América Latina e Caribe. Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2009.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Revised supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto protocol. 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsrg/>> Acesso em 24 set 2016.

MARTINS, M. C. Viabilidade de geração energética no Aterro Sanitário de Manaus visando à sustentabilidade ambiental. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos. 2016.

MARTINS, W. A. Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa- PB, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

MORGADO, T. C.; FERREIRA, O. M. Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Co-geração de Energia. Estudo para a Região Metropolitana de Goiânia. 2012.

NASCIMENTO, D. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Aplicação do método GASSIM para estimação da geração de biogás no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa/PB. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOMASSA, 2., 2017, Curitiba. Anais... Curitiba: [s.n.], 2017.

OONK, H.; BOOM, T. Validation of landfill gas formation models. *Studies in Environmental Science*, v. 65, p. 597-602, 1995.

RIBEIRO, S. G. Geração de energia elétrica com resíduos sólidos urbanos–usinas waste-to-energy (WTE). 2014.

SANTOS *et al.* Uma avaliação energética, econômica e ambiental das opções de aproveitamento energético do biogás de um aterro sanitário no Brasil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. ISSN 2236 1170 - V. 19, n.21, mai-ago. 2015, p. 1344-1356.

SOUZA, R. M.; VALDÉS, J. S. C. Análise do Potencial Energético do Biogás Proveniente do Aterro Sanitário de Palmas/TO para Geração de Energia Elétrica. *RCA-REVISTA CIENTÍFICA DA AJES*, v. 2, n. 5, 2015.

TARAZONA, C. F. Estimativa de Produção de Gás em Aterros de Resíduos Sólidos Urbano. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil. 2010.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Landfill Gas Emissions Model (Land GEM) Version3.02 User's Guide. 2005. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/landgem-v302-guide.pdf>>. Acesso 13 set 2016.

3.4 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DE RSU ENVELHECIDO SUBMETIDOS À RECIRCULAÇÃO DE LIXIVIADO

BORGES, Maria Alice de

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE- Campus Recife)
marialice1996@gmail.com

FIRMO, Alessandra Lee Barbosa

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE- campus Recife)
alessandra.lee@gmail.com

SILVA, Priscila Cintia Macedo

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE- Recife)
pricms@gmail.com

LUCENA, Talita Vasconcelos de

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE)
lucena.tali@gmail.com

RESUMO

Com o fechamento de alguns lixões, existe uma grande quantidade de resíduos passíveis de degradação que podem ainda gerar biogás. Alguns aterros sanitários estão construídos próximos aos antigos lixões com o intuito de diminuir os impactos já causados. Isto pode permitir a ação de recirculação de lixiviado nos antigos locais de disposição final com lixiviado novo proveniente dos aterros sanitários ativos, permitindo uma renovação da flora microbiana, aporte de nutrientes, umidade e outros que possam otimizar a decomposição de materiais de lenta ou de difícil degradação existentes em resíduos envelhecidos e gerar biogás. Este trabalho objetiva verificar a influência da recirculação do lixiviado a partir da digestão anaeróbia de resíduos envelhecidos. Para isto, foi realizado o ensaio de Potencial Bioquímico de Metano (BMP) no qual foram inoculadas amostras de resíduos envelhecidos com e sem lixiviado proveniente de um aterro sanitário em operação, recebendo resíduos novos. O potencial de geração de biogás dos resíduos envelhecidos estudados variaram de 3 a 7,2NmL/gS e sob o efeito da recirculação, esse potencial foi de 260 a 340 NmL/gS, representando um aumento superior a 30 vezes. Observa-se o efeito positivo da recirculação de lixiviado novo em resíduos envelhecidos, podendo ser uma das ações a serem tomadas para resolver o problema do grande volume de lixiviado gerado nos aterros e a grande quantidade de resíduos envelhecidos passíveis de degradação existentes nos antigos lixões.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Envelhecidos, Biodegradação, Ensaio BMP.

1. INTRODUÇÃO

O alto consumismo estimulado pelas práticas do capitalismo em sua essência, que valoriza o ter e o possuir a todo custo, acarreta como uma de suas consequências, a grande geração de resíduos em diferentes escalas e cada vez mais diversificados quanto ao seu material. Essa grande geração de resíduos é um dos grandes desafios para os gestores públicos sobre a destinação e escolha do melhor método para tratar esse material, levando em consideração os custos para o gerenciamento dos seus processos e a questão socioambiental.

Sabendo que a gestão inadequada desses resíduos geram inúmeros danos ambientais comprometendo seriamente a qualidade de vida, tais como: a emissão de gases nocivos pela putrefação; descarte em galerias pluviais provocando alagamentos e inundações; depósito em áreas de preservação ambiental que contaminam o solo e poluem as águas superficiais e subterrâneas; disposição inadequada que contribui para transmissão de doenças; entre tantos outros impactos negativos, foram criadas legislações específicas para os resíduos sólidos. (O ECO, 2014).

Em 12 de agosto de 2010, com a Lei 12.305/10, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que definiu os princípios, objetivos e instrumentos, bem como diretrizes, relativos à gestão e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, em âmbito nacional. Além, de impor o fechamento de todos os lixões do País até o ano de 2014 e definir que a destinação atual deveria ser realizada em aterros. (O ECO, 2014).

Porém, a maioria dos municípios não conseguiram atender a legislação e com isso novos acordos que estão sendo propostos nos dias atuais, para que haja uma disposição final dos resíduos de forma ambientalmente adequada. Dentre as propostas uma se destaca que é a implantação/operação de aterros próximos a antigos lixões.

Durante muitos anos, vários lixões receberam diversos tipos de resíduos sólidos resultando num grande potencial poluidor. Mesmo através de seu encerramento, ou seja, quando as atividades de recebimento de resíduos são paradas, continuam a ocorrer à produção de gases e de lixiviados por muitos anos e os impactos ambientais negativos ainda persistem, o mesmo ocorre nos atuais aterros.

A maioria dos resíduos sólidos urbanos (RSU) encontrados em aterros e lixões resulta em gases tóxicos que são gerados através do seu processo de decomposição. Os gases mais encontrados em ambos são o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), que contribuem para o aquecimento global por serem Gases de Efeito Estufa (GEE).

Atualmente a produção de gás em aterros tem sido considerada um fator de extrema importância ambiental e econômica. O aproveitamento do biogás, para geração de energia ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é composto por acentuada concentração de gás metano (CH₄), cerca de 21 vezes superior ao dióxido de carbono (CO₂), no que se refere ao efeito estufa (COELHO, 2016). Nesse contexto, este trabalho foi motivado para verificar a influência da recirculação do lixiviado na biodegradabilidade e no potencial de produção de biogás e a partir da digestão anaeróbia de resíduos envelhecidos, pois, este líquido constitui-se como uma das preocupações quanto à degradação ambiental geradas por resíduos sólidos.

2. METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a temática da pesquisa e em seguida, o trabalho seguiu as seguintes etapas, em sequência:

- Coleta de dados dos resíduos envelhecidos (Silva, 2013)
- Coleta e caracterização do lixiviado;
- Realização e monitoramento do ensaio BMP;
- Análise de Biogás;
- Sistematização das informações.

2.1 Coleta de Dados do Resíduo Envelhecido

O resíduo utilizado foi resultado do encerramento de reatores de bancadas do tipo batelada estudado por Silva (2013), conforme verificado na Figura 1. Os BMP's foram separados de acordo com os tipos de resíduos, denominados R1 ou R3. O R1 contendo apenas resíduos e o R3 preenchido por resíduo+ lodo anaeróbio a 10% de massa. Os reatores foram preenchidos em julho de 2011 e foram abertos em dezembro de 2014. Após abertos, os resíduos pós- digeridos foram caracterizados conforme suas características físico-químicas e microbiológicas. Neste estudo foram analisados nos resíduos três parâmetros, a saber: caracterização gravimétrica, volumétrica e teor de umidade.

Figura 1. Reatores de bancada utilizados como fonte do resíduo envelhecido utilizado neste estudo.



Fonte: Silva (2013)

2.2 Caracterização do resíduo envelhecido

A composição gravimétrica dos resíduos coletados foi realizada através da separação manual e pesagem do material existente na amostra de resíduos. Os resíduos foram classificados em 7 tipos de componentes: plástico (mole e duro), compósitos, papel/ papelão, borracha, materiais orgânico e rejeito bruto.

A composição volumétrica dos resíduos foi obtida pelo percentual de volume dos seus componentes, sem sofrer compactação e na umidade natural, fazendo uso de recipiente com volume conhecido.

A determinação do teor de umidade dos resíduos amostrados foi determinada por meio do *Methods of Analysis de Sewage Sludge Solid Waste and Compost Who Int. Reference Center for Wastes Disposal* (WHO, 1979), que tem como procedimento pesar uma quantidade de resíduos sólidos em uma cápsula e colocar na estufa graduada para temperatura de 75°C, até que seu peso se estabilize.

2.3 Coleta e Caracterização do Lixiviado

A coleta do lixiviado foi realizada na Central de Tratamento de Resíduos (CTR) Candeias, situada em Jaboatão dos Guararapes- Pernambuco, no dia 28 de Agosto de 2015. Foram preenchidas duas bombonas de cinco litros, na chegada do efluente á estação de tratamento da CTR.

Para a caracterização dos lixiviados foram selecionados os seguintes parâmetros: DQO, DBO, pH, condutividade, cor, alcalinidade, sólidos voláteis e umidade. A metodologia adotada para análise de lixiviado foi baseada nos procedimentos estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water* (APHA, 1998). Os parâmetros físico-químicos a serem analisados e seus métodos analíticos nessa pesquisa estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Parâmetros analisados para caracterização do lixiviado

Parâmetros	Método Analítico	Referência (norma)
DQO (mg/L)	Titulométrico	SMEWW* 5220 C
DBO (mg/L)	Manométrico- Sensor System Velp	Adaptado do SMEWW 5210
pH	Potenciométrico (marca Digimed)	SMEWW 4500 B
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	Titulométrico	SMEWW 2320 B
Cor (Hz)	Fotocolorimétrico	SMEWW 2120 C
Condutividade (mS/cm)	Condutância Elétrica	SMEWW 2510 B
Sólidos Voláteis (%)	Gravimétrico	Adaptado SMEWW 2540 B, 2540 C , 2540 D.
Teor de Umidade (%)	-	NBR 6457 (1986)

2.4 Ensaio de Potencial Bioquímico de Metano (BMP)

A metodologia do ensaio BMP utilizada foi adaptada por Alves (2008) e Firmo (2013), baseada na elaboração e monitoramento de frascos de vidro contendo resíduos sólidos urbanos (RSU) e instrumentação apresentada na Figura 2. As etapas do ensaio BMP consistiram em: preparação da amostra; seleção do inóculo; circulação gasosa de N₂, incubação e monitoramento dos frascos, com duração de 153 dias, até a estabilização dos mesmos. Foram monitoradas diariamente as pressões internas dos BMP's.

Figura 2. Detalhamento dos frascos utilizados no ensaio BMP.



Fonte: Alves (2008)

Para realização do preenchimento, foram utilizados frascos de vidros de 250 mL com tampa rosqueada, acopladas com válvulas de saída e entrada de gás e um manômetro de 1 kgf/cm² com escala de 0,02 kgf/cm², havendo assim controle da pressão interna de cada frasco. Os frascos foram envolvidos com papel alumínio para evitar a influência da luz durante o processo de biodegradação (ALVES, 2008).

Para aumentar a confiabilidade de comparação entre os resultados, o ensaio foi realizado em triplicata, formando um total de nove BMPS. Foram preenchidos ensaios com lixiviado bruto, lixiviado + resíduo digerido sem lodo proveniente do reator de bancada R1 estudado por Silva (2013) (lixiviado+R1) e lixiviado + resíduo digerido com lodo proveniente do reator de bancada estudado por Silva (2013) (lixiviado+R3). Na Tabela 1 é possível observar as características iniciais do preenchimento do ensaio BMP.

Tabela 1. Preenchimento dos BMP'S

Nº do Reator	Composição	Massa do Resíduo
P1, P2, P3	Lixiviado	50 ml
P4, P5, P6	Lixiviado+R1	5 g + 50 ml
P7, P8, P9	Lixiviado+R3	g + 50 ml

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos Resíduos

Na caracterização dos resíduos pós digeridos, foram encontrados 7 tipos de componentes, onde foram separados em: facilmente degradáveis (orgânico, papel/papelão), dificilmente degradáveis (compósitos) e não degradáveis (plásticos e outros). Na Figura 3 são apresentados todos os componentes encontrados e suas respectivas massas e volumes separados pelo tipo de reator. Em termos de materiais facilmente degradáveis e materiais dificilmente degradáveis, os resíduos do reator de bancada R3 apresentavam teores mais elevados que o R1.

Observa-se que o resíduo R1 era proveniente de um reator cuja biodegradação aconteceu de forma mais lenta do que o resíduo R3, pois neste último houve a inoculação de lodo anaeróbio

realizado por Silva (2013). Isto justifica o maior teor de materiais rapidamente degradáveis nos resíduos R1 do que no R3.

O teor de umidade do RSU depende de diversos fatores tais como composição inicial, condições climáticas, processo de operação em que foi aterrado, taxa de decomposição biológica, capacidade e funcionamento da coleta, entre outros. Os valores encontrados no teor de umidade variou entre 57,14% a 90,91% (Figura 4).

Figura 3. Caracterização gravimétrica e volumétrica do resíduo envelhecido estudado.

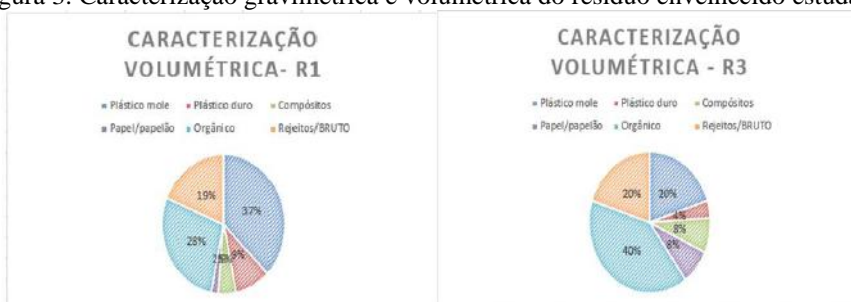
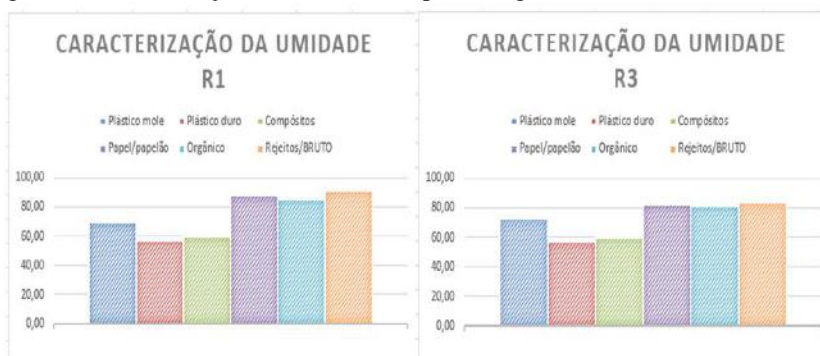


Figura 4. Caracterização da umidade em porcentagem de acordo com seu resíduo.



Existe uma variação nos valores de umidade entre os diferentes componentes do RSU, sendo os materiais classificados como rejeitos os responsáveis pelos maiores valores encontrados, seguido do papel/papelão e orgânico. O teor é basicamente resultado do elevado percentual de resíduos orgânicos. Em relação ao plástico duro, composto e plástico mole, verificam-se os menores valores, pois são componentes que apresentam menor capacidade de absorção de água e pode estar atrelado à contaminação que este material pode sofrer com a aderência dos rejeitos em sua superfície.

3.2 Caracterização do Lixiviado

O estudo da evolução das características do lixiviado ajuda a compreender e monitorar a evolução do processo de degradação dos resíduos sólidos (ALCANTARA, 2007). Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos na caracterização do lixiviado.

O pH médio do lixiviado estudado é levemente alcalino com características típicas da presença de amônia e, se em elevadas concentrações, pode ser tóxico aos microrganismos e causar maus odores (CASTILHOS, 2006). A alcalinidade de 145 mg CaCO₃/L indica uma elevada alcalinidade e pode

auxiliar na manutenção do pH do meio, mesmo em um processo de acidificação que normalmente ocorre na biodigestão anaeróbia.

Tabela 2. Caracterização do Lixiviado

Parâmetros	Valor
pH	8,40
Condutividade	13,249 ms/cm
Umidade	89,24%
Alcalinidade	145,66
Cor	1033 Hz
Sólidos Voláteis	17,48%
DQO	28000
DBO	14000
DQO/DBO	2

A condutividade indica o teor de sólidos dissolvidos e apresentou um valor médio de 13 ms/cm. Os sólidos dissolvidos também são responsáveis pela intensidade da cor no lixiviado, que na análise obteve um valor de 1033 Hz. Dentre os sólidos presentes no lixiviado, 17,48% volatilizaram após a calcinação, indicando um baixo teor de matéria orgânica total frente a quantidade de materiais inorgânicos presentes.

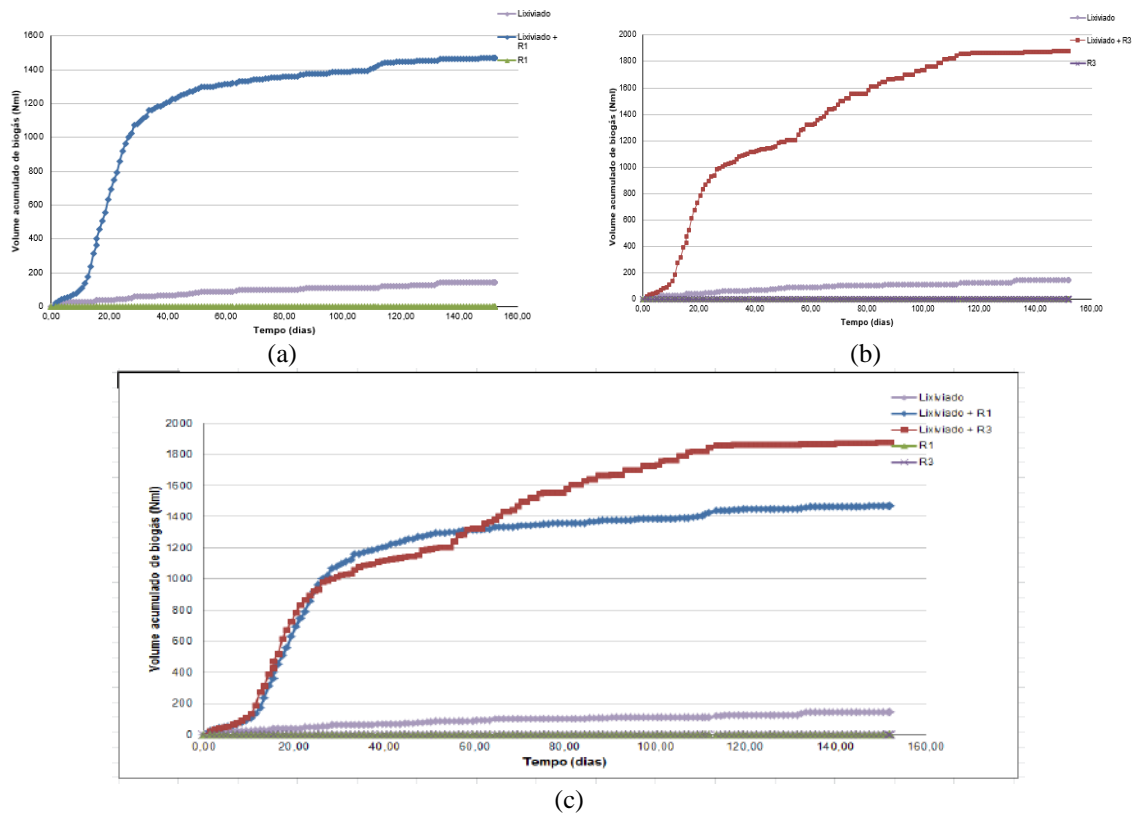
O alto valor percentual de umidade do lixiviado é importante para a ação de recirculação do lixiviado e sua operacionalização. Auxilia diretamente na degradação anaeróbia, principalmente na fase de hidrólise, além de promover a diluição de agentes inibidores e facilitar a distribuição de microrganismos e nutrientes na massa de RSU. Verifica-se um crescimento exponencial nas taxas de produção de gás quando o teor de umidade é elevado (Giordano, 2008).

A literatura reporta que o nível de biodegradabilidade de um lixiviado pode ser indicado pela razão DQO/DBO. Quanto menor for o valor desta razão, maior será seu nível de biodegradabilidade e quanto maior esta razão, menos biodegradável será o efluente. O valor encontrado da relação DQO/DBO igual a 2 pode indicar um elevado nível de biodegradabilidade. Valores de DQO/DBO maiores que 3 ou 4 indicam baixo nível de biodegradabilidade do efluente (BAIG et al., 1997; HUANG, 1993).

3.3 Análise de Geração de Biogás

As análises físico-químicas dos resíduos e lixiviado são uma das formas de se avaliar a biodegradabilidade dos resíduos, contudo devem ser associados a outras formas de análises que levem em conta o substrato e o agente responsável pela decomposição, como os ensaios BMP (MACIEL, 2009). Através do monitoramento dos BMPS foi possível calcular o volume acumulado de biogás gerado dos ensaios BMP contendo o R1 (Figura 5a), R3 (Figura 5b) e a influência do lixiviado de um aterro sanitário em funcionamento.

Figura 5. Volume acumulado de biogás gerado nos ensaios BMP realizados com o resíduo (a) R1 e (b) R2, com escalas diferentes para facilitar a visualização, e (c) na mesma escala.

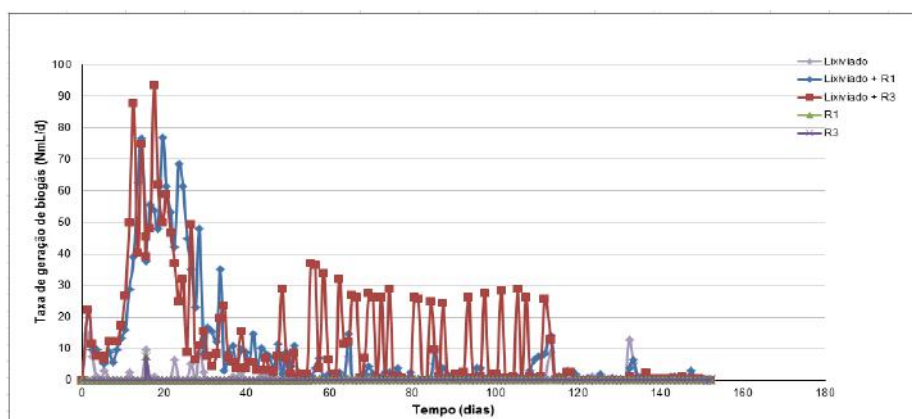


Os ensaios contendo apenas os resíduos de forma isolada (R1 e R3) apresentaram uma geração de biogás muito baixa desde o início do experimento. É importante ressaltar que o material já apresentava-se de forma digerida e estabilizada em termos de geração de biogás, podendo existir, de forma concentrada, agentes inibidores de degradação como a lignina, celulose, e outros, e ainda um pH muito baixo o que impedia a degradação de forma anaeróbia.

Os maiores valores de volume acumulado de biogás encontrados foram da mistura lixiviado+resíduos R3, seguido pela mistura lixiviado+resíduo R1. Isto pode ter ocorrido pela ação de diluição ocorrida na inserção do lixiviado, enriquecimento com nutrientes e micorganismos e também pelo elevado pH e alcalinidade do lixiviado que podem ter favorecido a ocorrência da degradação anaeróbia e a elevada geração de biogás. Em ambos os casos, observa-se também que após 110 dias de realização do ensaio BMP houve a estabilização do ensaio e a não geração de biogás. Os ensaios com apenas o lixiviado gerou cerca de 180Nml de biogás e se estabilizou a geração em cerca de 130 dias.

Em termos de taxa de geração de biogás (Figura 6), os menores valores da taxa de geração são para os resíduos isolados e o lixiviado e as maiores taxa são do lixiviado+ R3 e lixiviado+R1. O maior pico de taxa de geração de biogás do resíduo+ R3 foi durante os primeiros 20 dias e do resíduo+R1 foi durante os primeiros 23 dias.

Figura 6. Taxa de geração de biogás nos ensaios BMP realizados



Foi possível calcular o potencial de geração de biogás dos materiais, sob o efeito da recirculação do lixiviado, conforme apresentado na Tabela 3. Pode-se observar que o efeito da adição do lixiviado aumentou o potencial de geração de biogás em cerca de 110 vezes para o R1 e em 36 vezes para o R3.

Tabela 3. Potencial de geração de biogás considerando o efeito da inoculação com lixiviado

Resíduo	Sem recirculação de lixiviado	Com recirculação de lixiviado
R1	15NmL/5gS=3 NmL/gS	(1850NmL-150NmL)/5gS = 340 NmL/gS
R3	36NmL/5gS= 7,2NmL/gS	(1450NmL-150NmL)/5gS= 260 NmL/gS

4. CONCLUSÕES

Utilizando o ensaio BMP, foi possível calcular o potencial de geração de biogás os resíduos envelhecidos, lixiviado e mistura resíduo+lixiviado. Observou-se que o resíduo envelhecido apresentou um potencial de geração de biogás variando de 3 a 7,2 NmL/gS enquanto que os resíduos envelhecidos sob o efeito da adição do lixiviado apresentou um potencial de 260 a 340 NmL/gS, representando um aumento superior a 30 vezes.

Assim, com esta pesquisa foi possível obter resultados que comprovam a influência da adição de lixiviado na biodegradabilidade e no potencial de produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de resíduos envelhecidos. Tal ação, se testada em escala de campo e comprovada sua eficiência, pode contribuir para a redução do volume de lixiviado que é encaminhada para as estações de tratamento e ainda produzir energia a partir do monitoramento e aproveitamento do biogás gerado na decomposição dos resíduos envelhecidos existentes nos antigos lixões e aterros controlados.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, P.B. Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2007. p366.
- ALVES, I. R. F. S. Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2008
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2004). NBR 10007 – Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1986). NBR 6457: Amostras de solo: Preparação de ensaio de compactação e ensaio de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

CASTILHOS, A.B. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro. PROSAB. ABES, 2006.

COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; SILVA, O. C.; PECORA, V.; ABREU, F. C. de. Relatório de Acompanhamento - “Relatório Final de Atividades do Projeto Programa de Uso Racional de Energia e Fontes Alternativas (PUREFA)”. São Paulo. CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa, 2016.

FIRMO, A. L. B. Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos. Doutora em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2013.

MACIEL, F. J. Geração de biogás e energia em aterro experimental de resíduos sólidos urbanos. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2009. p333.

O ECO. O que é logística reversa? Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28020-o-que-e-logistica-reversa/>> Acesso desde outubro 2015.

SILVA, P.C.M. .2013. Estudo da geração de biogás proveniente de resíduos sólidos utilizando reatores em laboratórios. Universidade Federal de Pernambuco / Grupo de Resíduos Sólidos, Recife-PE.

SWEWW 2540 E (2010). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – Analysis of total solids and volatile solids.

WHO–International Reference Center for Waste Disposal (1979). Methods of analysis of sewage sludge and wastes and compost. Switzerland.

3.5 VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE

SANTO ANDRÉ, SP: CASO DE ESTUDO COMBUSTÃO *IN NATURA*

GUTIERREZ-GOMEZ, Andrea Carolina

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC
andrea.gutierrez@ufabc.edu.br

TONELI, Juliana Tófano de Campos Leite

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC
juliana.toneli@ufabc.edu.br

Autor 03 – NETO, Ana Maria Pereira

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC
ana.neto@ufabc.edu.br

RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos propõe uma gestão eficaz que inclui desde a redução da geração dos resíduos até sua disposição final adequada, aprovando a possibilidade de recuperação de energia a partir dos mesmos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os RSU úmidos a partir da avaliação das propriedades das categorias combustíveis (matéria orgânica, resíduos sanitários, plásticos, papel/papelão/tetra pak® e têxteis) presentes nos resíduos gerados na coleta indiferenciada do município de Santo André, SP, com vistas ao seu aproveitamento energético mediante o processo de combustão *in natura*. As categorias combustíveis foram caracterizadas levando em consideração sua composição gravimétrica, analisando suas propriedades, tais como: teor de umidade, análise imediata e poder calorífico. De acordo com os resultados obtidos, os RSU úmidos gerados no município apresentam teor de umidade de 49%, poder calorífico inferior (PCI) de 7,74 MJ/kg e capacidade de geração em energia elétrica de 580 kWh por tonelada de resíduo incinerado, equivalente aproximadamente ao 20% da energia consumida no setor residencial do município. Estas são características favoráveis para sua aplicação em processos de conversão energética mediante sua combustão *in natura*, oferecendo assim uma opção de tratamento visando a recuperação de energia, ao invés da sua disposição no aterro sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Recuperação de Energia, RSU, *Mass Burning*.

1. INTRODUÇÃO

Grandes volumes de resíduos sólidos urbanos (RSU) são gerados diariamente nas cidades, o que constitui um problema sério para a sociedade e o meio ambiente. Há alguns anos existe o interesse em reduzir o volume de resíduos e de procurar processos alternativos aos aterros. Em diversos países da União Europeia, há esforços legais para diminuir a porcentagem de resíduos que são destinados a aterros sanitários, permitindo que ocorra um desenvolvimento acelerado de alternativas diversas para o seu uso, como incineração, compostagem e reciclagem. No caso do Brasil, a lei N° 12305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e, em 2011, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLNRS), têm como objetivo: incentivar e desenvolver sistemas de gestão ambiental, com o intuito de eliminar o uso de aterros controlados e lixões como métodos de disposição final; reduzir as porcentagens de resíduos dispostos em aterros sanitários; incentivar o aproveitamento energético dos mesmos; entre outras finalidades.

A incineração dos RSU para recuperação de energia é uma alternativa importante no tratamento dos mesmos, já que permite diminuir significativamente seu volume (75-90% do peso) (UNEP, 2014). Em plantas de incineração são queimados resíduos domésticos e similares que restaram após a prevenção e reciclagem. Segundo a Confederação Europeia de Plantas de Conversão de Resíduos em Energia (*Confederation of European Waste to Energy Plants – CEWEP*, 2015), se os resíduos domiciliares ou similares resultantes da etapa de prevenção e de reciclagem forem tratados em plantas de incineração, isto implicará na redução/eliminação da geração do metano, o qual seria produzido caso eles fossem depositados em aterros sanitários, minimizando o passivo ambiental. Além disso, uma importante fração dos resíduos que alimentam as plantas de incineração é oriunda da biomassa, de modo que aproximadamente a metade da energia convertida no processo de combustão é renovável, e a energia resultante pode contribuir com a proteção do meio ambiente e com a segurança energética, mediante a substituição de combustíveis fósseis.

Como consequência, a partir dos RSU, as plantas de incineração podem proporcionar uma autossuficiência energética a partir do uso de vapor e/ou eletricidade para o atendimento de suas utilidades, o que dependerá da sua infraestrutura (CEWEP, 2015). Logo, a caracterização da composição e do potencial de conversão energética dos resíduos são necessários para o estabelecimento e implantação de um plano de gestão de resíduos a longo prazo, efetivo e econômico. Essas informações são de fundamental importância também para seleção e operação de equipamentos de tratamento e de manuseio dos resíduos. Além disso, possibilita-se determinar a viabilidade da instalação de usinas de conversão energética de resíduos (CHANG; DÁVILA, 2008).

Para determinar a composição e as propriedades principais da biomassa em termos energéticos, neste caso os RSU, deve-se realizar uma série de testes sobre uma amostra do material, os quais estão regidos por normas e cuja validade se fundamenta na repetitividade e na reprodutibilidade dos mesmos, sendo importante ressaltar a importância de ter uma amostra representativa (Nogués *et al.*, 2010).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi caracterizar os RSU úmidos (coleta indiferenciada) do município de Santo André (SP) a partir da determinação de suas propriedades química (análise imediata), térmica (poder calorífico) e física (composição gravimétrica, densidade a granel), visando obter informações que avaliem a viabilidade de aproveitamento energético em processo de conversão termoquímica (combustão *in natura - mass burning*), fornecendo subsídios para a avaliação do processo de recuperação da energia contida nos RSU de cidades brasileiras, cooperando ao

cumprimento das metas estipuladas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS e pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLNRS) no País.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

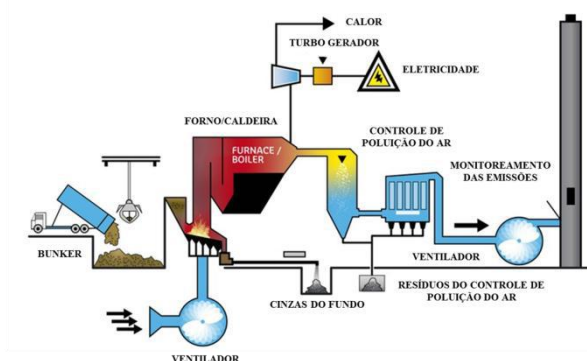
A escassez de recursos, o aumento do mercado de resíduos sólidos e a disponibilidade de novas tecnologias oferecem oportunidades para transformar RSU em um recurso (UNEP & GEAS, 2014). Segundo Rada (2014) o conteúdo energético desses resíduos e sua exploração têm sido, nas últimas décadas, uma das principais áreas de investigação internacional, impactando positivamente na gestão dos mesmos. Com a finalidade de eliminar a relação existente entre o crescimento econômico e a produção de resíduos, a União Europeia implementou a Diretiva 2008/98 CE, controlando o ciclo de vida dos mesmos, desde sua produção até sua eliminação, centralizando-se na valorização e a reciclagem. Esta legislação tem imposto a sequência de atitudes que devem ser tomadas com a finalidade de reduzir a quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários, sendo: prevenção; preparação para a reutilização; reciclagem; valorização e eliminação (RADA, 2014). No caso da valorização foi contemplada a recuperação energética.

A hierarquia de gestão de resíduos é utilizada na atualidade como uma ferramenta para a tomada de decisões do uso eficiente dos recursos, das matérias-primas e dos resíduos, se os mesmos não puderem ser reutilizados ou reciclados. Levando em conta aspectos econômicos, técnicos e ambientais, a recuperação do seu valor pode ser promovida (UNEP & GEAS, 2014). Segundo Kathirvale *et al.* (2003), a conversão de resíduos em energia (*Waste to Energy - WTE*) é considerada como um tipo de recuperação dos recursos que deve ser analisada antes da disposição final dos resíduos e abrange métodos complementares de tratamento a partir da degradação térmica de RSU, gerando energia em forma de calor e/ou eletricidade, levando em consideração diferentes tecnologias de conversão, tais como: combustão, pirólise, gaseificação térmica e gaseificação de plasma (ISWA, 2013; LOMBARDI *et al.*, 2015; GRABBAR *et al.*, 2017). A combustão *in natura* ou *Mass Burning* (tecnologia escolhida para estudo) é conhecida como a tecnologia de conversão energética mais comum e viável comercialmente para recuperação de energia (METROVANCOUVER, 2015). Esta tecnologia incinera os resíduos *in natura* ou com o mínimo de processamento: redução de tamanho de alguns materiais ou remoção daqueles que não são combustíveis e que possam danificar os equipamentos envolvidos no processo (KLASS, 1998). Nas unidades de combustão são incinerados os resíduos em condições de excesso de ar para favorecer a mistura e turbulência, assegurando que o ar possa atingir os RSU devido à sua natureza heterogênea (EPA, 2017).

Os RSU como combustível devem cumprir com certos requerimentos básicos. O êxito da incineração depende primeiramente dos dados precisos da taxa de geração e de suas características, já que estas são a base para o projeto da planta de incineração. Para que a planta opere em forma contínua, a geração de resíduos deve ser estável durante o ano. É necessário realizar estudos completos para estabelecer se é possível incinerar durante todo o ano, já que a sazonalidade pode afetar significativamente o potencial da combustibilidade dos RSU (RAND *et al.*, 2000). A capacidade para manter um processo de combustão sem combustível suplementar depende de vários parâmetros físicos e químicos, dos quais o valor do poder calorífico inferior (PCI) é o mais importante. O valor médio do PCI não deve ser menor que 6 MJ/kg durante todas as estações do ano (RAND *et al.*, 2000).

Nas unidades de recuperação energética (Figura 1) os RSU coletados nas cidades em veículos coletores, são dispostos em bunker gigante, que logo são conduzidos com um guindaste ao forno/caldeira onde são incinerados na presença de ar. O calor gerado pela incineração dos RSU é transferido à água na parede da câmara de combustão. A água é aquecida até o ponto de ebulição, gerando vapor. O vapor gerado é utilizado para ativar as turbinas gerando eletricidade e/ou para sistemas de calefação. Os gases gerados durante o processo de combustão são enviados para o sistema de tratamento de poluentes. O material de descarte é convertido em cinzas do fundo, gases de combustão, material particulado e calor (TAN et al.,2014). A quantidade de energia recuperada a partir dos resíduos é em função da quantidade de RSU incinerado, do valor energético do fluxo de resíduos que foi alimentado e da eficiência do processo de combustão (UNEP, 2014).

Figura 1. Processo de combustão *in natura* de resíduos sólidos urbanos.



Fonte: Disponível em <http://www.sita.co.im/energy-recovery/the-energy-from-waste-process>
Acesso em maio de 2017.

3. METODOLOGIA

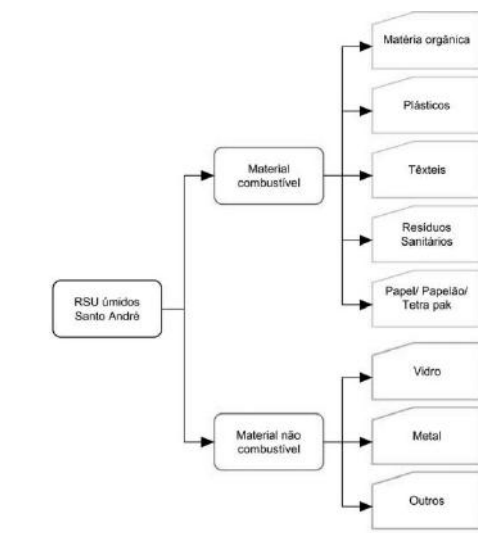
3.1 Coleta e Preparo de Amostras

As amostras de RSU coletadas pertencem à área de estudo do município de Santo André- SP, município com 710.210 habitantes, 118 bairros divididos em 15 setores e 56 subsetores (PREFEITURA DE SANTO ANDRÉ, 2016; SEMASA, 2017). A amostragem foi realizada no período de setembro 2015 a janeiro 2016 (estação primavera-verão) e, com o objeto de obter amostras representativas, foi escolhida a metodologia de MODECOMTM para o cálculo do número de amostras (veículos coletores). Desta forma, a caracterização dos RSU úmidos foi realizada a partir da avaliação de 36 veículos coletores. A norma estabelece que, para regiões maiores de 200.000 habitantes, é recomendável analisar pelo menos 10 veículos coletores, selecionados de forma aleatória (ADEME,1998). A seleção dos veículos para a realização das análises (dois veículos por dia) foi estabelecida por Drudi et al., (2016), evitando-se coletas em dias de feriado e priorizando setores de maior geração de resíduos.

Para o preparo das amostras, isto é, para o estabelecimento das frações combustíveis a serem analisadas, a análise gravimétrica (dados secundários) foi realizada por uma empresa terceirizada contratada pelo SEMASA (Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André), empresa responsável pelo gerenciamento dos resíduos do município. Esta análise consistiu na descarga da totalidade dos resíduos transportados (aproximadamente 24 toneladas) e, em seguida, aplicou-se o

método de quarteio até obter uma amostra de 120-150 kg. A pesagem e separação dos componentes foi realizada *in loco*, diferenciando-os em 33 produtos (SEMASA, 2017). A segregação dos produtos foi realizada com a utilização de ferramentas, como pás e rastelos. Os produtos segregados foram dispostos em tambores e galões previamente pesados. A segregação dos RSU foi realizada com base em 8 categorias e 33 produtos, como listado na Figura 2.

Figura 2. Componentes da gravimetria dos RSU úmidos gerados no município de Santo André.



Foram estabelecidas as frações referentes a materiais combustíveis e não combustíveis (Figura 2). Para os materiais combustíveis, as frações estabelecidas são constituídas por:

- Matéria orgânica: resíduos de alimentos e resíduos de poda (matéria orgânica inseparável);
- Plásticos: plásticos (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS e outros), borracha, isopor e embalagens aluminizadas;
- Têxteis: tecidos e panos;
- Resíduos sanitários: resíduos sanitários e fraldas;
- Papel/papelão/ tetra pak®: revistas, jornais, papel branco, papelão, e embalagens tetra pak®.

As categorias de materiais não combustíveis (vidro, metal e outros) não foram consideradas para este estudo, pois não apresentam potenciais energéticos, além de influenciarem negativamente no processo de conversão de energia, ressaltando assim a importância de dispô-los em locais adequados para sua reciclagem, quando aplicável.

Segundo Gutierrez-Gomez (2016), cada categoria de material combustível, por veículo coletor amostrado, foi disposta separadamente em um local limpo e seco para ser homogeneizada com auxílio de pás. Após a homogeneização, aplicou-se o método de quarteio para amostras com mais de 5 kg (categoria matéria orgânica) ou 3 kg (plásticos, papel/papelão/tetra pak®, têxteis e resíduos sanitários) com a finalidade de diminuir o volume de resíduos. Todas as pesagens foram realizadas em balança comercial (Michelettie SP300). Em seguida, cada categoria foi enviada ao triturador (triturador Lippel, de 45 facas e, para a categoria de matéria orgânica inseparável, triturador TR 200). Após a redução do tamanho e homogeneização das amostras, estas foram coletadas, seladas a vácuo, etiquetadas e armazenadas no freezer (-20°C). Previamente à realização das análises, as amostras foram submetidas a secagem por 3 dias em uma estufa a temperatura de 75°C (JANSEN *et al.*, 2004) para a categoria de

plásticos e, para as demais categorias a 105°C por 24 horas (NORDTEST, 1995; ADEME, 1998; CHRISTENSEN, 2011).

3.2 Caracterização Física, Química e Térmica dos RSU Úmidos

A caracterização dos RSU úmidos do município consistiu na determinação da densidade a granel, análise de umidade, análise imediata e a determinação do poder calorífico. Os procedimentos para cada análise são descritos a seguir.

3.2.1 Densidade a Granel

Esta análise foi determinada no aterro sanitário do município antes do processamento de cada categoria combustível (trituração). Para a avaliação desta propriedade foi seguida como guia a norma ASTM E1109-86 *Standard Test Method for Determining the Bulk Density of Solid Waste Fractions*. Esta norma determina a densidade de diversas frações da recuperação de resíduos sólidos urbanos. Segundo a norma, em um recipiente de volume conhecido a amostra de RSU é adicionada, sendo agitada manualmente para que o mesmo seja completamente preenchido, e logo em seguida é pesado em balança comercial. A densidade (kg/m^3) é calculada a partir da massa dos conteúdos do recipiente (vazio e cheio) e do volume ocupado pelos resíduos. Recomenda-se que, após a medição, homogeneizar a pilha de resíduos. Esta análise foi realizada em triplicata para cada categoria combustível por cada veículo coletor.

3.2.2 Teor de Umidade

A determinação do teor de umidade foi realizada a partir de 50 gramas de material previamente triturado no aterro sanitário. As amostras foram pesadas em balança semi-analítica (BL 320) e, armazenadas *in loco* em cadinhos de alumínio (5 cadinhos com 10 gramas de amostra). Os cadinhos de alumínio foram tampados e enviados para o laboratório da Universidade Federal do ABC, onde estes foram novamente pesados (sem tampa) e colocados em estufas (Lucadema 82/336 e Lucadema 82/630). Para as categorias papel/papelão/tetra pak®, matéria orgânica, têxteis e resíduos sanitários, a determinação do teor de umidade foi feita a temperatura de 105°C (NORDTEST, 1995; ADEME, 1998; CHRISTENSEN, 2011) e para a categoria de plásticos, a temperatura de 75°C (JANSEN *et al.*, 2004). A perda de umidade durante o transporte das amostras, desde o aterro sanitário até o laboratório, foi considerada para a determinação da umidade total de cada amostra. O tempo de residência das amostras (quintuplicata) nas estufas variou na faixa de 5 até 14 horas. O procedimento anteriormente mencionado foi realizado para cada categoria combustível e por veículo coletor.

3.2.3 Análise Imediata

A análise imediata foi realizada empregando-se forno mufla (GP Científica 2000F-MRP) para as categorias combustíveis. Esta análise inclui a determinação dos teores de cinzas, material volátil e carbono fixo.

Para esta análise as normas usadas como referência foram: ASTM E 897-88 - *Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel*; ASTM E 830-87 *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel*. Antes das análises, as amostras passaram por secagem, a qual foi realizada nas mesmas temperaturas usadas para a determinação de umidade, e moenda, com auxílio do moinho analítico (Moinho Analítico Básico A 11). Para

determinar a análise imediata em base seca para cada fração, antes de cada análise, foi realizada a determinação da umidade de equilíbrio empregando-se balança determinadora de umidade (SHIMADZU Moisture analyzer MOC63).

As análises foram realizadas empregando-se cadinhos de porcelana previamente aquecidos a $575 \pm 25^\circ\text{C}$ durante três horas, com o objetivo de eliminar possíveis impurezas presentes e acondiciona-os às temperaturas de análises. Depois do seu resfriamento, foram dispostos em dessecadores e pesados. Para determinar o teor de cinzas para cada categoria (matéria orgânica, papel/papelão/tetra pak®, têxteis e resíduos sanitários) foram usados 2 gramas de amostra, isto com o objeto de obter suficiente amostra para posterior análise elementar. Os cadinhos de cada fração foram colocados no forno mufla a temperatura de 250°C a uma taxa de aquecimento 10 K/min e mantidos nesta temperatura por 30 min para evitar flamejar as amostras (ASTM E 1755, 2007). Posteriormente, a temperatura foi elevada a $575 (\pm 25)^\circ\text{C}$ até obter uma massa constante (1-2 horas). Na sequência, foram resfriados e enviados a um dessecador para posterior análise gravimétrica (pesagem em balança analítica – Shimadzu AUX).

A determinação do teor de material volátil das frações foi realizada a partir de 1 grama de amostra. As amostras foram dispostas em cadinhos de porcelana com tampa e submetidas a temperatura de $975 (\pm 20)^\circ\text{C}$ durante 7 min. Na sequência, foram resfriados e enviados a um dessecador para posterior análise gravimétrica (pesagem em balança analítica – Shimadzu AUX). O teor de carbono fixo foi calculado pela diferença entre 100% e os teores de cinzas e material volátil, quando considerados os valores em base seca. Todas as análises anteriormente mencionadas foram realizadas em triplicata para cada categoria combustível.

3.2.4 Determinação do Poder Calorífico

O poder calorífico superior das categorias combustíveis foi determinado em uma bomba calorimétrica (IKA C2000), a análise foi realizada em triplicata para cada categoria combustível por veículo coletor. Previamente às análises, a bomba calorimétrica foi calibrada a partir da determinação do poder calorífico de pastilhas de ácido benzóico. Além disso, também foi determinado o teor de umidade de equilíbrio com auxílio da balança determinadora de umidade (Shimadzu moisture analyzer MOC63) para assim, estimar o poder calorífico superior em base seca. As amostras secas foram moídas e compactadas em pastilhas com auxílio de uma prensa manual (IKA C21). No caso da categoria de plásticos, foram usados bolsas de combustão (IKA C12 de 30 X 45mm) para análise do poder calorífico, já que esta categoria apresentou problemas para sua compactação.

A norma usada como guia para a determinação do poder calorífico superior de cada categoria de resíduos foi a ASTM E711 - *Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter*. A análise foi realizada a partir de 0,4 g de amostra para a categoria de plásticos e para as demais categorias, 1g.

O poder calorífico inferior (PCI) das amostras foi estimado de acordo com a equação (1), proposta por Van Loo & Koppejan (2008), em que o seu valor é obtido a partir do poder calorífico superior (PCS) determinado na bomba calorimétrica. Nesses cálculos, os valores do PCI encontram-se em base úmida e o PCS em base seca.

$$PCI = PCS * \left(1 - \frac{H_2O}{100}\right) - 2,444 * \frac{H_2O}{100} - 2,444 * \frac{h}{100} * 8,936 * \left(1 - \frac{H_2O}{100}\right) \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

PCS: Poder Calorífico Superior (MJ/kg);

H₂O: teor de umidade do combustível (%);

h: concentração de hidrogênio em base seca (%).

Os valores brutos de cada análise foram calculados para cada categoria, de modo que, usando os dados de composição gravimétrica, os valores de teor de umidade, cinzas, material volátil, carbono fixo e poder calorífico total de cada componente no fluxo de RSU, pudessem ser determinadas para os resíduos do município

3.2.5 Potencial de Recuperação de Energia

O cálculo do potencial de recuperação de energia-PRE a partir de uma tonelada de RSU *in natura* incinerado foi obtido a partir da Equação 2. Sendo PCI poder calorífico inferior (MJ/kg), expresso em base úmida, η eficiência de conversão em energia (%).

$$PRE(kWh/t.RSU.incinerado) = PCI * \eta * 2,78 \quad (\text{Equação 2})$$

3.3 Análise Estatística

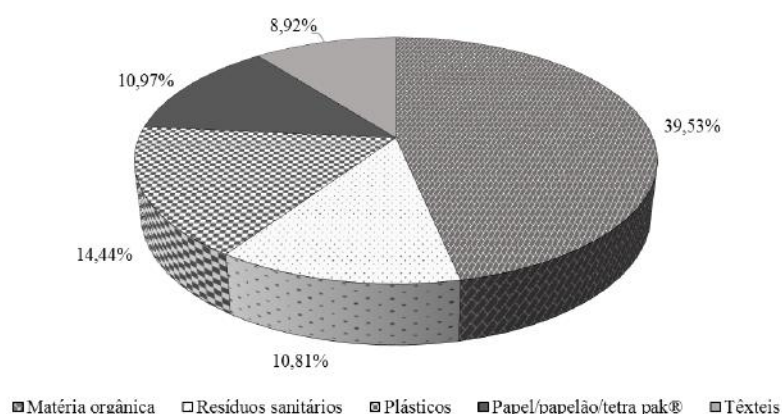
Todos os resultados foram expressos como médias, com os respectivos desvios-padrão. Os resultados foram comparados por análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey, considerando $p < 0,05$ como diferença estatisticamente significativa, com auxílio do programa *OriginPro 8.0*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição Gravimétrica

Na Figura 3 encontram-se os valores correspondentes à composição gravimétrica dos RSU úmidos do município, levando em consideração as categorias combustíveis: matéria orgânica, resíduos sanitários, plásticos, papel/papelão/tetra pak®, têxteis.

Figura 3. Composição gravimétrica referente à fração combustível dos RSU úmidos do município de Santo André.



Fonte: Adaptado de SEMASA, (2017).

De acordo com a Figura 3, os resíduos combustíveis apresentaram a seguinte composição: matéria orgânica 39,53 ($\pm 13,27$) %, resíduos sanitários 10,81 ($\pm 4,94$) %, plásticos 14,44 ($\pm 3,82$) %, papel/papelão/tetra pak® 10,97 ($\pm 5,09$) % e têxteis 8,92 ($\pm 7,06$) %. A porcentagem restante equivalente a 15%, aproximadamente, pertence à composição de material não combustível (vidro, metal, entulho, entre outros). Segundo os dados apresentados, a categoria de matéria orgânica é o principal componente nos resíduos seguido pela categoria de plásticos. Cabe ressaltar que os desvios padrão calculados para cada categoria se atribui à heterogeneidade da própria categoria e do veículo analisado, já que cada veículo representou um dos 56 subsetores do município.

4.2 Densidade a Granel

Levando em conta a composição gravimétrica das categorias combustíveis a partir da análise dos veículos analisados e os dados da densidade a granel determinados para cada fração (GUTIERREZ-GOMEZ, 2016), e sabendo que a participação média da fração total combustível total foi de 84,67 ($\pm 11,32$) %, estimou-se a densidade a granel das categorias combustíveis e a densidade a granel total da fração combustível, as quais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Dados da densidade a granel das categorias combustíveis dos RSU úmidos em Santo André.

Categoria combustível	Média (kg/m ³)
Matéria orgânica	140,35
Resíduos sanitários	17,15
Plásticos	5,64
Papel/papelão/tetra pak®	8,31
Têxteis	12,21
Total	183,66

Fonte: Adaptado de GUTIERREZ-GOMEZ, (2016).

A partir dos dados apresentados da Tabela 1, pode-se observar que a matéria orgânica possui um maior valor de densidade a granel, em razão ao alto conteúdo de umidade. O segundo maior valor corresponde à categoria de resíduos sanitários, onde foram agrupadas as fraldas, as quais possuem teor de umidade alto e maior tamanho ao ser comparado com os resíduos de banheiro, influenciando no

valor de sua densidade a granel. No caso da categoria têxteis, encontraram-se panos e tecidos que foram misturados junto aos resíduos de cozinha, alterando sua umidade e consequentemente houve a quantificação de valores altos de densidade a granel. Já para a categoria de plásticos, o valor de densidade foi a menor das categorias analisadas. Isto se deve ao fato de seu peso ser leve em comparação às outras frações e também devido à baixa umidade, que somente corresponde a água de adsorção.

4.3 Teor de Umidade

Em relação aos dados de teor de umidade, estes foram determinados sob as condições em que foram coletadas no aterro sanitário (Tabela 2).

Tabela 2. Determinação do teor de umidade das categorias combustíveis dos RSU úmidos de Santo André.

Categoria combustível	Umidade (W) (%)
Matéria orgânica	65,60 ($\pm 8,84$) ^a
Resíduos sanitários	52,27 ($\pm 12,36$) ^b
Plásticos	24,68 ($\pm 8,49$) ^c
Papel/papelão/tetra pak®	30,51 ($\pm 10,47$) ^d
Têxteis	30,31 ($\pm 13,27$) ^{e,d}

Letras distintas indicam variação significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. * W, teor de umidade, (%). Fonte: Adaptado de GUTIERREZ-GOMEZ, (2016).

Segundo os dados reportados na Tabela 2, as categorias matéria orgânica, devido ao alto conteúdo de umidade de alguns componentes como vegetais e cascas de frutas, e resíduos sanitários (presença de fraldas) apresentaram as maiores médias de teor de umidade. As outras categorias apresentam menores teores de umidade, não havendo variação significativa entre elas.

Ressalta-se que a fração de resíduos sanitários se encontrou quase em sua maioria, em sacos diferentes aos da matéria orgânica, papel/papelão/tetra pak®, têxteis e plásticos, reduzindo a sua contaminação com as outras frações, especialmente a de matéria orgânica. O conteúdo de umidade na categoria de plásticos se atribui à razão da maioria das embalagens não se encontrarem completamente vazias, as quais continham restos de molhos, água, entre outros contaminantes. As categorias de papel/papelão/tetra pak® e têxteis apresentaram teores de umidade similares, sendo parte da umidade adquirida nestas categorias em virtude do seu contato com as frações de matéria orgânica e presença de material plástico.

A partir dos dados da gravimetria, dos respectivos valores do teor de umidade para cada categoria combustível e da porcentagem de participação da fração total combustível no fluxo de RSU úmidos, estimou-se o teor de umidade total da fração combustível. Desta forma, o valor médio total da fração combustível referente aos RSU úmidos do município de Santo André foi de 49 ($\pm 9,6$) %.

4.4 Análise Imediata

Com o objetivo de avaliar o potencial combustível dos RSU úmidos, foram determinados os valores médios em base seca (b.s.) do teor de cinzas, material volátil e carbono fixo (análise imediata) das categorias combustíveis para 20 caminhões em base seca (Tabela 3) GUTIERREZ- GOMEZ (2016).

Tabela 3. Análise imediata em base seca das categorias combustíveis dos RSU úmidos em Santo André.

Categoria combustível	Cinzas (%A*)	Material volátil (%V*)	Carbono fixo (%F*)
Matéria orgânica	22,48 ($\pm 11,56$) ^a	61,14 ($\pm 8,71$) ^u	16,38 ($\pm 5,64$) ^p
Resíduos sanitários	6,85 ($\pm 2,07$) ^{b,e}	77,07 ($\pm 3,40$) ^v	16,08 ($\pm 2,93$) ^{p,q}
Plásticos	6,67 ($\pm 3,16$) ^{b,c,d}	89,33 ($\pm 4,41$) ^w	3,88 ($\pm 2,10$) ^r
Papel/papelão/tetra pak®	10,13 ($\pm 2,88$) ^{d,e}	73,90 ($\pm 3,21$) ^{x,w}	15,97 ($\pm 1,49$) ^{p,q}
Têxteis	6,09 ($\pm 5,36$) ^{b,c,e}	83,47 ($\pm 5,70$) ^y	10,44 ($\pm 4,27$) ^s

Letras distintas indicam variação significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. * A, teor de cinzas, (%)b.s. V, teor de material volátil, (%)b.s. F, teor de carbono fixo, (%)b.s.

Fonte: Adaptado de GUTIERREZ-GOMEZ, (2016).

Em relação ao teor de cinzas, a categoria de matéria orgânica apresentou o maior teor, o qual se atribui à maior presença de inertes nesta categoria. O segundo maior valor se encontrou na categoria de papel/papelão/tetra pak®. As outras categorias apresentaram teores similares. Os valores de desvio padrão altos correspondem à heterogeneidade das amostras coletadas, pois cada caminhão analisado corresponde à de um subsetor dos quinze setores distintos do município de Santo André. A categoria resíduos sanitários não é comumente encontrada na literatura, pois encontra-se, na maioria dos estudos, misturada à categoria papel/papelão/tetra pak®. No trabalho de Riber *et al.* (2009), o teor de cinzas de fraldas e absorventes apresenta valor médio de 4,52%.

Em relação ao teor de voláteis, a categoria de matéria orgânica apresentou o menor teor (1,46 vezes menor do que o maior teor determinado). As categorias papel/papelão/tetra pak e resíduos sanitários apresentaram teores similares (~75,5%). A categoria de plásticos apresentou o maior teor, seguida pelo de têxteis. Para os teores de carbono fixo, a categoria de plásticos apresentou o menor teor (~4 vezes menor) do que as categorias que apresentaram o maior teor (~16% - matéria orgânica, papel/papelão/tetra pak® e resíduos sanitários). Para têxteis, o valor determinado foi 1,5 vezes menor.

Segundo a literatura, no trabalho feito por Zhou *et al.* (2014) a categoria de matéria orgânica apresentou os seguintes valores para a análise imediata: 20,98% de cinzas, material volátil de 66,79% e carbono fixo de 12,23%; valores próximos aos deste trabalho.

Já os dados reportados na categoria de plásticos, os dados neste trabalho diferem dos encontrados na literatura. Por exemplo, no trabalho feito por Riber *et al.* (2009), o teor de cinzas foi de 4,6%, material volátil de 94,3% e carbono fixo de 1,1%. No trabalho feito por Zhou *et al.* (2014), esta categoria foi dividida em duas: plásticos livres de cloro e PVC. No caso dos plásticos livres de cloro, o teor de cinzas foi de 0,48%, material volátil 99,44% e carbono fixo de 0,08%. No caso do plástico PVC, teor de cinzas foi de 4,18%, material volátil de 85,94% e carbono fixo de 9,87%. No trabalho feito por Abu-Qudais & Abu-Qudais (2000), há apenas o teor de material volátil (78,50%).

Para as categorias de papel/papelão/tetra pak® e têxteis, Zhou *et al.* (2014) reportam médias totais similares. A categoria de papel/papelão/tetra pak® apresentou teor de cinzas 12,20%, material volátil 76,14% e carbono fixo 11,66%. E, no caso da categoria de têxteis, o teor de cinzas foi de 3,56%, material volátil de 82,69% e carbono fixo de 13,75%.

Levando em consideração a gravimetria e os dados da Tabela 3, podemos inferir os teores de voláteis, carbono fixo e cinzas da fração combustível dos RSU do município de Santo André. Logo, os teores estimados (b.s.) foram: 13,81 (± 5) % de cinzas; 68,74 ($\pm 5,09$) % de material volátil; e 17,45 ($\pm 3,29$) % de carbono fixo.

4.5 Poder Calorífico

Na Tabela 4 são apresentados os valores do PCS em base seca e do PCI (*in natura*) correspondentes aos 36 veículos coletores, ou seja, às condições reais (umidade real) determinados para as categorias com o objetivo de avaliar o potencial combustível GUTIERREZ et al., (2017).

Tabela 4. Dados correspondentes à determinação do poder calorífico superior e inferior das categorias combustíveis dos RSU úmidos de Santo André.

Categoria combustível	PCS* (MJ/kg)	PCI* (kJ/kg)
Matéria orgânica	15,84 ($\pm 2,98$) ^a	3,44($\pm 2,98$) ^a
Resíduos sanitários	19,87 ($\pm 1,79$) ^b	7,62($\pm 1,79$) ^a
Plásticos	33,14 ($\pm 2,40$) ^c	22,37($\pm 2,40$) ^b
Papel/papelão/tetra pak®	17,67 ($\pm 1,32$) ^{d,a}	10,71($\pm 1,32$) ^c
Têxteis	20,72 (± 3) ^b	12,87(± 3) ^d
Fração total combustível	19,15 ($\pm 2,23$)	8,72 ($\pm 2,23$)

Letras distintas indicam variação significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. * PCI, poder calorífico inferior, (MJ/kg), base úmida. PCS, poder calorífico inferior, (MJ/kg), base seca.

Fonte: Adaptado de GUTIERREZ et al., (2017).

Para empregar a equação 1, utilizada para a estimativa do PCI em base úmida, necessita dos dados de teor de hidrogênio das amostras em base seca. Os teores de hidrogênio foram estimados a partir do trabalho realizado por Zhou *et al.* (2014), para assim estimar o PCI médio total de cada fração combustível analisada e, o PCI médio total dos RSU úmidos do município. Para a categoria de resíduos sanitários, assumiu-se o teor de hidrogênio da categoria de papel/papelão/tetra pak®, já que estas categorias apresentaram valores de cinzas, material volátil e carbono fixo similares neste trabalho, além de encontrar-se na literatura a categoria de resíduos sanitários misturada com a categoria de papel. Para estimar o teor de hidrogênio da literatura em base seca foram usados os teores de cinzas calculados neste trabalho (“base combustível”, isto é, devem-se desconsiderar os teores de umidade e de cinzas da amostra analisada). Neste sentido, os teores de hidrogênio usados foram: matéria orgânica (5,46%), plásticos (12,1%), papel/papelão/tetra pak® (5,4%), resíduos sanitários (5,6%) e têxteis (5,48%).

A partir da informação apresentada na Tabela 4 é possível inferir que a fração total combustível dos RSU úmidos do município apresenta um poder energético valioso que pode ser aproveitado para a recuperação de energia sendo este 19,15 ($\pm 2,23$) MJ/kg. Dentre as categorias analisadas os plásticos e os têxteis aportam energia considerável na fração total combustível. No que se refere ao PCI determinado, o qual leva em consideração os teores de umidade (reais), observa-se que os valores foram significativamente influenciados por esta propriedade sendo 8,72 ($\pm 2,23$) MJ/kg, diminuindo o potencial aproximadamente 55%. Corroborando estes dados com os encontrados na literatura observa-se que o PCI é inferior ao reportado por Kathirvale *et al.* (2003a), com valor de 9,13 MJ/kg para os resíduos na Malásia, e superior ao reportado por Chang *et al.* (2007), com valor de 6 MJ/kg para os resíduos de Taiwan.

Para comparar o potencial energético dos resíduos *in natura* do município de Santo André com o potencial energético reportado pela planta de incineração VALORSUL, localizada na cidade de Lisboa- Portugal, realizou-se a estimativa do poder energético dos resíduos do município levando em consideração os valores energéticos e as porcentagens de participação da fração total combustível (matéria orgânica, plásticos, papel/papelão/tetra pak®, resíduos sanitários e têxteis) e da fração total

não combustível (vidro, metal e outros), ressaltando que a fração total não combustível não apresenta potenciais energéticos, o PCI estimado para os resíduos *in natura* do município é 7,74 MJ/kg (b.u.). Ressalta-se que o PCI médio em base úmida estimado se encontra dentro da faixa reportada pela central de incineração VALORSUL (mín.5,8 – máx.10,46 MJ/kg). Cabe ressaltar que na central são incineradas as frações combustíveis junto às frações não combustíveis com PCI nominal de 7,82 MJ/kg (VALORSUL, 2017), valor muito próximo ao encontrado neste trabalho.

A partir do cálculo do PCI dos resíduos *in natura* (7,74 MJ/kg) foi estimativa o potencial de recuperação de energia (Eq.2) a partir de uma central de conversão em energia para uma tonelada de RSU incinerada, com eficiência de conversão de 27% (energia elétrica) (VALORSUL, 2017) e teor de umidade de 49%. Como resultado, os RSU do município de Santo André têm uma capacidade de geração de 580 kWh de energia elétrica por tonelada de resíduo incinerado. Sabendo que uma planta de valorização energética que processa a diário 750 t., tem o autoconsumo elétrico de aproximadamente 89kWh.t⁻¹ de RSU incinerado (VALORSUL, 2017), desta forma, só estaria disponível 491 kWh.t⁻¹ de RSU incinerado, para a sua comercialização.

No contexto anterior, segundo a Prefeitura de Santo André (2016), o consumo per capita de energia elétrica no setor residencial do município é de 2,61 kWh (710.210 hab.), a partir da energia disponível (491 kWh.t⁻¹) e, levando em conta o consumo per capita, uma planta de valorização energética poderia suprir aproximadamente 20% do consumo de energia elétrica no setor residencial do município.

5. CONCLUSÕES

Os RSU do município de Santo André apresentam as seguintes características: 88,67% de produtos combustíveis e 11,33% de produtos não combustíveis sendo a categoria de matéria orgânica quem representa sua composição gravimétrica. Além disso, o valor médio da densidade a granel da fração combustível total é 183,66 kg/m³. No que se refere as propriedades da análise imediata os valores estimados foram 13,81 (±5) % de cinzas, 68,74 (±5,09) % e carbono fixo 17,45 (±3,29) %, destacando-se que o teor de cinzas poderia ser maior devido a que neste estudo só foi avaliado os teores da fração combustível. Já no caso das propriedades combustíveis como PCI (b.u) o valor foi de 7,74 MJ/kg com teor de umidade de 49%, com estimativa de geração de energia de 580 kWh, atendendo 20% aproximadamente da energia consumida no setor residencial do município.

O município tem uma política de reciclagem (coleta seletiva) aplicada pelo SEMASA, entidade responsável pelo gerenciamento e tratamento dos resíduos gerados na cidade, que consiste em separar os resíduos pela própria população em recipientes distintos: um para os resíduos secos (embalagens, plásticos, papel/papelão, alumínio, vidro, entre outros) e outro recipiente para os resíduos úmidos (resíduos de cozinha, resíduos sanitários, entre outros). Os resíduos secos, são encaminhados em veículos compactadores para as cooperativas de reciclagem que atuam na cidade, sendo triados e vendidos pelos cooperados. Os resíduos úmidos, objeto de estudo neste trabalho, são coletados no município por meio de veículos coletores compactadores e enviados ao aterro municipal (tratamento e destino final deles) o qual recebe cerca de 750 toneladas diárias de resíduos. Desta forma, considerando a política de reciclagem o município de Santo André é um bom cenário de estudo para a recuperação de energia a partir de resíduos, já que se está levando em consideração a hierarquia de

prioridades, e oferecendo desta forma um tratamento (valorização energética) a os resíduos que são depositados diariamente nos aterros sanitários.

Os resultados obtidos neste trabalho atestam a potencialidade de se utilizar os RSU úmidos em processos de conversão termoquímica (incineração) avaliados na estação primavera-verão 2015, com a finalidade de redução de passivos ambientais e de recuperação de energia. Outro aspecto importante é a ampliação da vida útil dos aterros sanitários, impactando positivamente nos processos de gerenciamento de resíduos, além de atender os quesitos de reutilização e tratamento com valorização energética da hierarquia de prioridades da Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil - PNRS.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (Número de processo PD-0553- 0022/2012), Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Universidade Federal do ABC – UFABC (Termo de Cooperação Científica e Técnica número 0050.0084633.13.9).

REFERÊNCIAS

ABU-QUDAIS, M. & ABU-QDAIS, H.A. Energy content of municipal solid waste in Jordan and its potential utilization. **Energy Conversion & Management**, v. 41, p. 983-991, 2000.

ADEME. Agence de L'Environnement et de la Maitrise de L'Energie. **Metodologia de caracterização de resíduos MODECOM™**. França: ADEME.1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1755**: Standard Test Method for Ash in Biomass1. West Conshohocken, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1109**: Standard Test Method for Determining the Bulk Density of Solid Waste Fractions. West Conshohocken, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E897**: Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel. West Conshohocken, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E830**: Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Refuse-Derived Fuel. West Conshohocken, 1996.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E711**: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter. West Conshohocken, 1996.

Brasil. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: junho de 2016.

CEWEP. **Confederação Europeia de Plantas de Conversão de Resíduos em Energia**. 2015. Disponível em: <http://www.cewep.eu>. Acesso em: Janeiro de 2015.

CHANG, N.V.; DAVILA, E. Municipal solid waste characterizations and management strategies for the Lower Rio Grande Valley, Texas. **Waste Management**, v. 28, p. 776-794, 2008.

CHANG, Y.F.; LIN, C.J.; CHYAN, J.M.; CHEN, I.M.; CHANG, J.E. Multiple regression models for the lower heating value of municipal solid waste in Taiwan. **Journal of Environmental Management**, v. 85, p. 891–899, 2007.

CHRISTENSEN, T.H. **Solid Waste Technology & Management (Volume I)**. Wiley, 2011.

DRUDI, K.C.R., DRUDI, R., TONELI, J. T.C.L., ANTONIO, G.C. **Planejamento Amostral para a Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos: Importância para caracterização gravimétrica**. In: V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos (EPERSOL), Recife, 2016a. Apresentação oral.

EPA. **United States Environmental Protection Agency**. 2017. Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/>. Acesso em: maio de 2017.

GUTIERREZ, A.C.G.; ALMEIDA, R.; TIRBURCIO, R.S.; MALPELI JUNIOR, M.; TONELI, J.T.C.L.; MARTINS, G.; NETO, A.M.P. **Influence of Municipal Solid Waste physical composition in the energy potential of the combustible fraction of wet waste in Santo André city, SP, Brazil**. International the 32nd International Conference on Solid Waste Technology and Management, ICSW 2017. Philadelphia, PA, USA. Março 19-22 de 2017.

GUTIERREZ-GOMEZ, A.C. **Caracterização da fração combustível de Resíduos Sólidos Urbanos úmidos do município de Santo André visando seu aproveitamento energético por processos termoquímicos**. 2016. 90p. Dissertação (Mestrado em Energia- Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Pós-graduação em Energia, Universidade Federal do ABC), Santo André-SP. 2016.

ISWA. The International Solid Waste Association. **Alternative Waste Conversion Technologie Waste to Energy**. 2013. Disponível em: <http://waste.ccac-knowledge.net/documents/iswa-white-paper-alternative-waste-conversion-technologies>. Acesso em : Fevereiro de 2015.

JANSEN, C.J.; SPLIID, H.; HANSEN, T.L.; SVARD, A.; CHRISTENSEN, T.H. Assessment of sampling and chemical analysis of source-separated organic household waste. **Waste Management**. v.24. p. 541-549. 2004.

JORNAL OFICIAL DA UNIÃO EUROPEIA. **DIRECTIVA 2008/98/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO** de 19 de novembro de 2008 relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas. 312p. 2008. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:pt:PDF>. Acesso em: maio de 2017.

KATHIRVALE, S.; YUNUS, M.N.M.; SOPIAN, K.; SAMSUDDIN, A.H. Energy potencial from municipal solidwaste in Malasya. **Renewable Energy**, v.29, p. 559-567, 2003.

KLASS, D. L. **Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals**. United States. Academic Press, 1998. 651 p.

METROVANCOUVER. Metrovancouver Services and Solutions For Alivable Region. Disponível em: <http://www.metrovancouver.org/>. Acesso em: Maio de 2015.

Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos** (Versão preliminar para consulta pública). Brasília DF, setembro de 2011. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/pnrs/documentos/consulta/versao_Preliminar_PNRS_WM.pdf. Acesso em junho de 2016.

NOGUÉS, F.S.; GALINDO-GARCIA, D.; REZEAU, A. **Energia de la Biomasa (Volumen I)**. Zaragoza. Prensas Universitarias de Zaragoza. 2010. 558 p.

NORDTEST. Nordtest method. **Solid waste, municipal: Sampling and characterization (NT ENVIR 001)**. Denamark. Nordtest, 1995. Disponível em: <http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/solid-waste-municipal-sampling-and-characterisation-nt-envir-001.html>. Acesso em: Agosto de 2014. 12 p.

PREFEITURA DE SANTO ANDRÉ. **Anuário de Santo André 2016, ano base 2015**. Disponível em: <http://www2.santoandre.sp.gov.br/index.php/2014-09-10-19-59-37/publicacoes/category/3- anuarios-de-santo-andre>. Acesso em maio de 2017.

RADA, E.C. Energy Production and Management in the 21st Century. The Quets for Sustainable Energy. Section 17. New Energy sources. Energy from Municipal Solid Waste. **WittPress**. p. 945-957. 2014.

RAND, T.; HAUKOLHL, J.; MARXEN, U. **Municipal Solid Waste Incineration. Requeriments for a successful project**. Washington, D.C. The World Bank, 2000. 105 p.

RIBER, C.; PETERSEN, C.; CHRISTENSEN, T.H. Chemical composition of material fractions in Danish household waste. **Waste Management**, v. 29, p. 1251–1257, 2009.

SEMASA. **Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André**. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br>. Acesso em maio de 2017.

TAN, S.T.; HASHIM, H.; LIM, J.S.; HO, W.S.; LEE, C.T.; YAN, J. Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste: analysis of a low carbon scenario in malaysia. **Applied Energy**. v. 136, p. 797-804. 2014.

UNEP. United Nations Environment Programme. **International Source Book on Environmentally Sound Technologies (ESTs) for Municipal Solid Waste Management (MSWM)**. Disponível em: <http://www.unep.or.jp/ietc/estdir/pub/msw/index.asp>, 2014.

UNEP & GEAS. United Nations Environment Programme (UNEP) and Global Environmental Alert Service (GEAS). Municipal solid waste: Is it garbage or gold?. **Environmental Development**, v. 9, p. 86-92. 2014.

VALORSUL. **Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos das Regiões de Lisboa e do Oeste**, S.A. Fonte: Disponível em: <http://www.valorsul.pt/pt/a-valorsul.aspx> , 2017.

VAN LOO, S. & KOPPEJAN, J. **The Handbook of Biomass Combustion & Co-firing**. UK, Earthscan, 2008. 442 p.

ZHOU, H.; MENG, A.; LONG, Y.; LI, Q.; ZHANG, Y. An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: Physical, chemical composition and heating value. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 36, p. 107-122, 2014.

3.6 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NUM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA

VITAL, Almir Alexey Brito

Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

almiralexey@hotmail.com

BORBA, José Eduardo Moraes

Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
j.eduardo.borba@hotmail.com

CARVALHO, Monica

Departamento de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
monica@cear.ufpb.br

RESUMO

Atualmente a energia é indispensável para o desenvolvimento sócio econômico da sociedade, devido a isto, existe a necessidade de expansão da matriz energética, nas suas mais diversas formas de geração. Com o crescimento da demanda energética mundial, as fontes de energia alternativa são vistas como solução para este aumento. A biomassa é uma forma promissora de geração por ser abundante. Muitas pesquisas são realizadas para ampliar a sua utilização e melhorar a sua eficiência termodinâmica. Este trabalho tem como finalidade mostrar o uso de um gaseificador para suprir as necessidades energéticas de um condomínio modelo. Para a realização deste projeto foram calculados os custos com a aquisição e manutenção do gaseificador, os custos com a biomassa e com o operador. Estas despesas serão comparadas as da energia proveniente da rede elétrica e será mostrada a economia que o uso de um gaseificador pode proporcionar ao longo dos anos.

PALAVRAS-CHAVE: Eletricidade, Lenha, Economia.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é indispensável para o desenvolvimento socioeconômico da sociedade moderna, e uma parcela considerável ainda é atendida de forma muito precária. Devido ao aumento dos níveis de qualidade de vida, aumenta a demanda por conforto assim como a conscientização ambiental. Satisfazer tais demandas energéticas geralmente implica num maior consumo de serviços energéticos (aumento no uso de ar-condicionado) enquanto a consciência ambiental tenta compensar esse consumo adicional de combustíveis fósseis - e suas consequências - ao utilizar a energia de modo mais racional (LOZANO; CARVALHO; SERRA, 2009). Por isso, há uma tendência global para o

crescimento da parcela da demanda da energia elétrica que é fornecida por fontes alternativas. Dentro deste paradigma, nos últimos anos, setores como indústria e pesquisa têm investido na produção de energia através de fontes alternativas (BRASIL, 2011).

Atualmente, a geração hidráulica é a principal fonte de energia renovável, fornecendo 71% de toda energia renovável, representando cerca de 16,4% da matriz energética mundial (WEC, 2016). No entanto, apesar de ser considerada uma forma limpa de geração de energia, esta modalidade de geração provoca um grande impacto ambiental, além de envolver altíssimos custos (DELGADO; CARVALHO, 2017). A geração de energia eólica tem atraído grande atenção da sociedade por se tratar de uma fonte de energia limpa, de baixo impacto ambiental e cujo tempo de instalação das turbinas é reduzido – todavia, a viabilização econômica do sistema de conversão de energia eólica ainda é um desafio (ROMERO; CARVALHO; MILLAR, 2016). A energia solar fotovoltaica está atualmente em grande expansão, e o uso desse tipo de energia é o que mais cresce em todo o mundo (DELGADO et al., 2015), porém o principal obstáculo para o aumento da geração de energia a partir de células fotovoltaicas é o custo desta, estes girando em torno de 200 a 300 US\$/MWh (BRASIL, 2002).

A biomassa é responsável por 10% da matriz energética mundial (WEC, 2016), podendo ser utilizada diretamente em sua forma mais básica, a combustão; contudo tem maiores impactos ambientais e uma menor eficiência. Sua conversão se torna mais viável ambientalmente e eficiente do ponto de vista termodinâmico, quando são empregados recursos como a gaseificação (CARVALHO; MILLAR, 2012).

Não se pode deixar de tentar utilizar, ao máximo, recursos energéticos que sejam locais: no caso de Gussing (Áustria), introduziu-se biomassa para, ao longo dos anos, eliminar por completo a dependência na eletricidade importada (HOFBAUER et al., 2002 *apud* DELGADO et al., 2015). Para a região Nordeste do Brasil a biomassa aparece como uma opção atrativa, já que a região dispõe de várias maneiras para utilizá-la, a exemplo do bagaço de cana de açúcar, lenha, palha de coco, casca de coco, entre outros (DELGADO; CARVALHO; COELHO JUNIOR, 2015). Contudo, análises de viabilidade econômica devem considerar diversos fatores, e.g., capacidade do sistema a ser instalado, custos de instalação (equipamentos, instalação, projetos), tarifa de energia local, previsibilidade do aumento desta fatura de energia, consumo energético da edificação, custos com manutenção (embora sejam baixos, influenciam no tempo de retorno), impostos, e tempo de depreciação dos materiais.

Neste contexto, o objetivo deste artigo foi verificar a viabilidade econômica da implantação de um gaseificador do tipo leito fixo concorrente (100 kW) em um condomínio residencial localizado na cidade de João Pessoa (Paraíba).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Biomassa

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a biomassa é qualquer matéria orgânica – de origem animal ou vegetal – que pode ser utilizada na geração de energia (BRASIL, 2005). Mesmo que boa parte do planeta seja desprovida de florestas, ainda há uma grande quantidade de biomassa a ser explorada – estima-se que esta seja da ordem de dois trilhões de toneladas (BERMAAN, 2008).

A utilização de biomassa é controversa (BRASIL, 2005): i) é um recurso energético tradicionalmente usado por países pobres; ii) é uma fonte energética dispersa, cujo uso, via de regra, é ineficiente; iii) o uso da biomassa para fins energéticos pode ser indevidamente associado a problemas de desflorestamento e desertificação.

A médio e longo prazo, devido ao esgotamento das fontes tradicionais de energia e as pressões dos ambientalistas, a biomassa terá um melhor aproveitamento energético e será mais utilizada na geração de energia elétrica mundial, aumentando assim a sua participação na matriz energética mundial (BENEDETTI, 2006). Mesmo nos dias atuais, a biomassa já é amplamente utilizada em regiões afastadas da rede elétrica, em pesquisas e indústrias que não sabem o que fazer com a sua biomassa residual (BERMANN, 2008).

Segundo projeções do *International Energy Agency* (IEA, 2007 *apud* BERMANN, 2008), estima-se que a biomassa será responsável por 27 TWh/ano em 2020, no mundo. Com isto, espera-se o desenvolvimento de novos estudos e tecnologias para o uso de biomassa, melhorando assim a sua eficiência termodinâmica e diminuindo ainda mais os custos em geração de energia.

2.2 Gaseificação

A gaseificação é uma tecnologia com um futuro promissor, pois além de envolver baixos custos, seus impactos ambientais são reduzidos quando comparados a outras formas de geração (CAMPOY et al., 2009; KIRUBAKARAN et al., 2009). Gaseificação é a transformação de combustíveis sólidos a temperaturas elevadas em uma mistura gasosa de combustíveis (SÁNCHEZ, 2010). Segundo Rumão (2013, p. 22), o gaseificador é essencialmente um reator onde ocorrem várias reações químicas e físicas. Segundo Schlittler (2009, p. 2), o processo de gaseificação da biomassa consiste em uma série de reações simultâneas, como a secagem da biomassa, a pirólise, a combustão e a gaseificação propriamente dita (MUNIZ; ROCHA 2013). No processo da gaseificação, a biomassa é convertida parcialmente ou totalmente em gases, onde seus principais componentes são: H₂, CO, CO₂, CH₄ (dependendo das condições de operações), hidrocarbonetos e vapor d'água (LORA *et al.*, 2012).

As etapas da gaseificação são: secagem da biomassa, pirólise, combustão, e gaseificação (SALES, 2007; LORA *et al.*, 2012; RUMÃO, 2013). A secagem da biomassa se dá na parte superior do reator, onde a biomassa se acumula antes de ser queimada. O calor proveniente da queima da biomassa que está acumulada na parte inferior do reator é transferido pelo mesmo com o objetivo de diminuir a umidade da biomassa, através da evaporação, para facilitar a sua queima. O processo de pirólise consiste, basicamente, na degradação térmica irreversível das partículas que descem da zona de secagem, já que ocorre a vaporização das partes voláteis. A combustão pode ocorrer no próprio reator e consiste na completa oxidação da biomassa, e estas são reações altamente exotérmicas, que ocorre somente na presença de oxigênio em quantidades iguais, ou superiores à estequiométrica. A combustão é responsável pelo fornecimento de calor para os demais processos.

Segundo Rumão (2013, p. 20), a gaseificação ocorre quando o carbono e os hidrocarbonetos do combustível reagem parcialmente com o oxigênio, gerando monóxido de carbono (CO) e gás hidrogênio (H₂). No fim do processo gera-se um gás combustível – que pode ser chamado de gás de biomassa, gás de síntese, syngas, ou gás pobre – que é constituído, basicamente, de H₂ e CO. A composição do gás varia por diversos parâmetros, com isso existe uma série de perspectivas de

propriedades e composição (TAVARES, 2016); este gás pode ser utilizado para alimentar equipamentos como turbina a gás ou motores, por exemplo.

2.3 Gaseificação de Biomassa para Geração de Energia

Com a primeira e a segunda crises do petróleo, devido à sua escassez, houve a necessidade por outras fontes de energia que resultou em implementação dos gaseificadores e consequentemente mais pesquisas (DIAS, 2004). A Índia, China e Tailândia, por exemplo, vem investindo no desenvolvimento de gaseificadores (LORA et al., 2012; RUMÃO, 2013). A oportunidade de gerar energia elétrica em regiões afastadas da rede elétrica favorece a implementação de unidades geradoras em comunidades sem acesso à energia elétrica. Gaseificadores do tipo leito fixo concorrentes possuem uma menor concentração de alcatrão, sendo por isso os mais indicados para trabalharem acoplados com motores de combustão interna para a geração de energia elétrica a partir da gaseificação de biomassa (LORA; ANDRADE; ARADAS, 2004).

Estudos locais já verificaram a viabilidade de produção de energia elétrica a partir de fontes alternativas. ARAÚJO et al. (2017a, 2017b) verificaram vários cenários de descarte final para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, e confirmaram que a geração de eletricidade a partir dos resíduos de poda foi a opção mais vantajosa. Nascimento et al. (2016) analisaram o aproveitamento energético dos resíduos sólidos do Aterro Metropolitano da cidade, enquanto Nascimento e Carvalho (2016) discutiram uma possibilidade imediata para produção de eletricidade a partir da incineração direta.

A utilização de múltiplas fontes de suprimento energético em determinadas unidades consumidoras para fins de confiabilidade e melhor aproveitamento energético vem ganhando destaque nos últimos tempos (DELGADO; CARVALHO; COELHO JUNIOR, 2015). Ainda segundo Delgado, Carvalho e Coelho Junior (2015), para a região nordeste do Brasil a biomassa aparece como uma opção atrativa, já que há disponibilidade local deste recurso.

3. METODOLOGIA

3.1 Estudo de Caso

Este trabalho trata de um condomínio modelo formado por 110 casas de 90m² cada. Com o intuito de diminuir os gastos com as faturas de eletricidade fez-se o uso de um gaseificador do tipo leito fixo concorrente (100 kW) para tentar minimizar a dependência da empresa de distribuição de energia. Primeiramente, estimar-se o consumo de eletricidade das casas deste condomínio. Em seguida, calcula-se o valor econômico associado a este consumo de eletricidade (de acordo com a tarifa R\$/kWh da empresa de distribuição local. Calculam-se os gastos associados à geração de energia elétrica em um gaseificador de 100 kW em funcionamento diário de 8h, nos dias úteis. Os resultados obtidos serão comparados para verificar a viabilidade econômica do gaseificador.

3.2 Atendimento da Demanda de Eletricidade

3.2.1 Sistema de Referência

De acordo com Pinto *et al.* (2007), o consumo de energia elétrica é determinado pela conjugação de três variáveis vetores: i) nível de atividade econômica; ii) composição setorial da economia; eiii) intensidade energética desta economia. Sendo o condomínio objeto de estudo para pessoas de baixa renda, o consumo médio de energia elétrica dos brasileiros se encaixa bem no que Pinto (2007) propõe.

O consumo médio mensal de eletricidade das famílias brasileiras é de 157 kWh, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2010). A tarifa de eletricidade aplicável é R\$ 0,41276 (ENERGISA, 2017), que corresponde apenas ao valor referente ao consumo, sem incluir os impostos (PIS/COFINS, ICMS, COSIP, etc.).

2.2.2 Sistema Alternativo: Gaseificador

Ao analisar os custos envolvidos na operação de um gaseificador, desde sua aquisição ao pleno funcionamento deste, deve-se considerar custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são referentes ao investimento inicial no equipamento e os custos com o salário do operador. Já os custos variáveis são os custos de aquisição da biomassa utilizada no processo de gaseificação e a manutenção do equipamento.

O gaseificador selecionado possui potência nominal 100 kW, do tipo leito fixo. O preço do equipamento é de US\$ 50.000,00 (LORA et al., 2012). Há ainda um custo associado a compra de um grupo gerador (LORA et al., 2012) que é de US\$30.000,00. Assim, o custo do investimento inicial nestes equipamentos é de R\$256.000,00 (1 US\$ = R\$3,20 em maio/2017). O custo para a construção da base física do local onde o gaseificador será instalado é de R\$ 40.000,00. Considerou-se uma vida útil de 25 anos para ambos equipamentos, e uma taxa de juros de 7% ao ano.

Para o cálculo dos gastos anuais com manutenção foram considerados percentuais de 3,2% sobre o capital investido para a aquisição do gaseificador e do grupo gerador, para regime de operações diárias de 8 horas. O gaseificador possui um horário de funcionamento de oito horas diárias, apenas em dias úteis, necessitando de um operador, com o salário que é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Gastos mensais com o operador do sistema de gaseificação.

Salário (R\$)	937,00
FGTS (R\$)	97,45
Insalubridade e periculosidade (R\$)	281,11
Gasto Mensal (R\$)	1315,56

Onde insalubridade e periculosidade correspondem a 30% do salário base, e o FGTS a 8% do salário bruto. Considerando-se 13º salário e férias remuneradas, o custo anual associado ao operador do sistema é de R\$18.417,84.

O consumo adotado para o gaseificador foi 0,838 kg/kWh de biomassa (RUMÃO, 2013, p. 88). Esta biomassa poderá ser adquirida de vendedores e produtores, incluindo casca de coco, casca de banana, caroço de açaí, rejeitos de madeira, bagaço de cana, *etc.* Muitas indústrias não sabem o que fazer com a sua biomassa residual e portanto poderiam doá-la, mas aqui optou-se por considerar que a biomassa será comprada pelo condomínio. A biomassa selecionada foi a mesma de Delgado, Carvalho e Coelho Junior (2015): lenha (R\$ 55,00/t).

3.3 Análise Econômica

O Período de Retorno de Capital (PRC), também conhecido por *payback*, é o critério mais aplicado e difundido em análises de viabilidade econômica, devido a facilidade de sua aplicação (ELETROBRÁS et al., 2008 *apud* CHAVES et al., 2016). O PRC simples corresponde ao tempo no qual o somatório dos fluxos de caixa se torna igual ao investimento inicial. Teoricamente, o investimento é aceitável se o *payback* for menor do que o período de vida útil do investimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as 110 casas do condomínio objeto de estudo, a quantidade mensal de eletricidade necessária é de 17.270 kWh. Considerando-se a tarifa aplicada pela distribuidora local de eletricidade, o custo fica em R\$ 7.128,36/mês.

Levando em conta o preço do gaseificador e do grupo gerador e sabendo que este tem uma potência de saída de 100 kW, com a queima da biomassa, pode-se determinar o custo do kW instalado como R\$2.560,00/kW instalado. O custo inicial do investimento com o sistema alternativo foi de R\$296.000,00, e de acordo com o cenário econômico e vida útil do equipamento considerados, resulta em custos anuais de R\$25.399,91 (R\$2116,66/mês). Os custos anuais com manutenção foram R\$8.192,00 (R\$682,67/mês).

Como o gaseificador possui uma potência nominal de 100 kW e seu regime de funcionamento é de 8 horas por dia, o consumo de biomassa é de 670,4 kg/dia. Considerando-se 22 dias úteis por mês, então o consumo é de 14,7488 t/mês. Este consumo, ao considerar-se o preço da biomassa, traduz-se em um custo mensal de R\$811,18. A capacidade mensal de geração do gaseificador é de 17.600 kWh, e considera-se que toda esta eletricidade é consumida *in situ*.

Como o cálculo do consumo médio mensal do condomínio foi de 17.270kWh, e o gaseificador gera 17.600 kWh, a diferença de 330 kWh será usada para suprir possíveis gastos acima da média, do condomínio. A Tabela 2 mostra os custos mensais associados a utilização do gaseificador para produção de eletricidade no condomínio.

Tabela 2. Custos mensais associados ao gaseificador.

Custos fixos	R\$
Equipamento	2.116,66
Custos operacionais	R\$
Manutenção	682,67
Biomassa	811,18
Operador	1.534,82
TOTAL	5.145,33

Comparando-se o gastos do sistema alternativo de produção de eletricidade (R\$5.145,33) com os custos associados ao sistema de referência (R\$ 7.128,36), obtém-se uma economia de R\$ 1.982,88/mês (R\$23.794,56/ano). Comparando o preço do kWh antes da implementação do gaseificador e depois da implementação do gaseificador, tem-se R\$0,41276/kWh vs. R\$0,29235/kWh

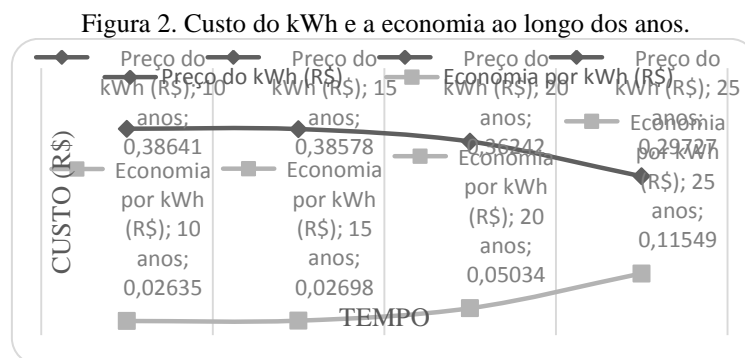
(dividindo-se o custo mensal total pela eletricidade de fato gerada, 17.600kWh). Obtém-se uma economia de R\$0,12041/kWh.

Sabendo-se que a economia mensal com o uso do gaseificador é de R\$ 1.983,03 e que o investimento inicial do condomínio foi de R\$ 296.000,00, então tem-se um período de retorno do investimento (*payback*) de aproximadamente 12 anos e meio. A Tabela 3 mostra os custos associados a geração de energia elétrica pelo gaseificador ao longo dos anos e a economia líquida nos intervalos de tempo, e depois esses valores são comparados com o da empresa de energia.

Tabela 3. Economia do quilowatt hora ao longo dos anos.

	Operação (R\$)	Biomassa (R\$)	Manutenção (R\$)	Equipamento (R\$)	Investimento (R\$)	Quilowatt hora (R\$)	Economia por quilowatt hora (R\$)
10 anos	184.178,40	97.341,60	81.920,40	253.999,20	296.000,00	0,38641	0,02635
15 anos	276.267,60	146.012,40	122.880,60	380.998,80	296.000,00	0,38578	0,02698
20 anos	368.356,80	194.683,20	163.840,80	507.998,40	296.000,00	0,36242	0,05034
25 anos	460.446,00	243.354,00	204.801,00	634.998,00	296.000,00	0,29727	0,11549

Ao longo dos anos há a tendência na diminuição no preço do quilowatt hora gerado pelo sistema gaseificador/gerador (mostrado na Tabela 3), pelo fato do investimento inicial ser fixo. A economia que é fornecida na geração no 10º ano do investimento é de R\$ 0,02635/kWh e no 25º ano de R\$ 0,11549/kWh. Dentro deste paradigma, ratifica-se a viabilidade do investimento, onde o custo da energia gerada tende a diminuir proporcionalmente a economia fornecida (Figura 2).



No decorrer dos anos, a economia líquida no preço da energia contabilizada com o uso do gaseificador é mostrada na Tabela 4.

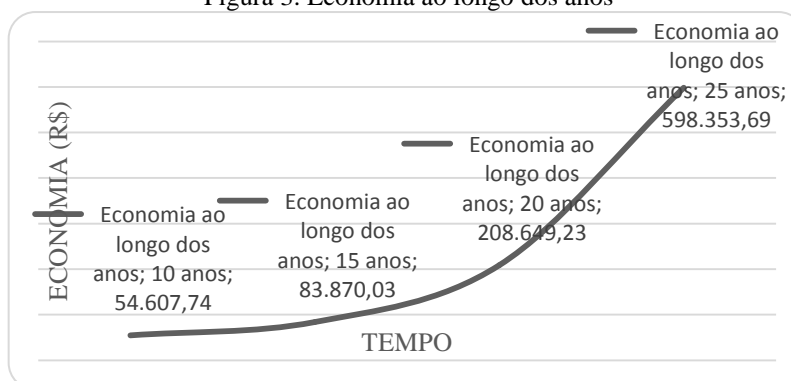
Tabela 4. Economia líquida ao longo dos anos.

	Economia por quilowatt hora (R\$)	Economia líquida no kWh (R\$)
10 anos	0,02635	54.607,74
15 anos	0,02698	83.870,03
20 anos	0,05034	208.649,23
25 anos	0,11549	598.353,69

O retorno econômico oriundo do investimento no sistema gaseificador/gerador proporciona ao longo dos 25 anos uma soma de quase R\$ 600.000,00. A curva da Figura 5

mostra esse comportamento para os anos correspondentes. Seu comportamento de aumentar com os anos se deve ao fato do investimento possuir um valor fixo.

Figura 3. Economia ao longo dos anos



Após detalhada e exaustiva pesquisa bibliográfica, poucos estudos foram encontrados sobre gaseificação de biomassa para o setor residencial conectado a rede elétrica (DORNBURG; FAAIJ, 2001; DONG; RIFFAT, 2009; PRANDO et al., 2014), nenhum deles no Brasil. Os objetivos deste trabalho foram atingidos de forma satisfatória, visto que o uso de um gaseificador mostrou-se bastante viável neste condomínio residencial horizontal. O custo inicial do investimento teve seu retorno em aproximadamente 12 anos e meio, e ao fim de 25 anos, teve uma economia líquida de cerca de R\$ 600.000,00. Esta economia poderia ser ainda muito maior se a biomassa fosse subsidiada por alguma indústria ou se o governo implementasse algum programa para subsídio do custo fixo inicial com a instalação.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram calculados os benefícios econômicos gerados em um condomínio de 110 casas com a utilização de eletricidade gerada a partir de biomassa, contabilizando todos os custos, como aquisição do gaseificador, construção da base do gaseificador, manutenção, operação e gasto com biomassa.

Quando comparada a outras formas de geração de energia por fontes alternativas o gaseificador mostrou um período de retorno do investimento inicial menor que a vida útil do sistema. Os objetivos deste trabalho foram atingidos de forma satisfatória, visto que o uso de um gaseificador mostrou-se bastante viável neste condomínio residencial horizontal. O custo inicial do investimento teve seu retorno em aproximadamente 12 anos e meio, e ao fim de 25 anos, teve uma economia líquida de cerca de R\$ 600.000,00. Esta economia poderia ser ainda muito maior se a biomassa fosse subsidiada por alguma indústria ou se o governo implementasse algum programa para subsídio do custo fixo inicial com a instalação. Trabalhos futuros dos autores incluem uma análise econômica mais detalhada, com análises de sensibilidade quanto ao tipo de biomassa e cenários econômicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 303199/2015-6).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO *et al.* **Descarte de resíduos da poda urbana: análise ambiental e perspectivas de inclusão em esquemas de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para João Pessoa/PB.** In: Congresso Internacional de Biomassa, 2. Curitiba, 2017a.
- ARAÚJO *et al.* **Pegada de carbono associada a quatro cenários de descarte para resíduos da poda urbana de João Pessoa/PB.** In: Congresso Internacional de Biomassa, 2., Curitiba, 2017b.
- BENEDETTI, O.*et al.* Uma proposta de modelo para avaliar a viabilidade do biodiesel no Brasil. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 14, p.81-107, 2006.
- BERMANN, C. **Crise ambiental e as energias renováveis.** Ciência e Cultura. 2008, v. 60, n. 3, p. 20-29.
- BRASIL. **ATLAS DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.** Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília: Aneel, 2002. 153 p.
- BRASIL. **ATLAS DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.** Agência Nacional de Energia Elétrica. 2º ed. Brasília: Aneel, 2005. 243 p.
- CAMPOY, M.; GÓMEZ-BAREA, A.; VIDAL, F. B.; OLLERO, P. **Air Steam Gasification of Biomass in a Fluidized Bed: Process Optimization by Enriched Air.** Fuel Processing Technology, n. 90, p. 677-685, 2009.
- CARVALHO, M.; LOZANO, M.A.; SERRA, L.M. **Operational strategy and marginal costs in simple trigeneration systems.** Energy (Oxford), v. 34, p. 2001-2008, 2009.
- CARVALHO, M.; MILLAR, D. L. **Concept Development of Optimal Mine Site Energy Supply.** Energies (Basel), v. 5, p. 4726-4745, 2012.
- CHAVES, A. F. F.; GRILO, M. M. S.; SOUZA, R. P. G.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. **Incorporação de energia solar a uma bomba de calor para desumidificação e aquecimento do ar.** In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Congestas 2016, 2016, João Pessoa.
- DELGADO, D. B. M.; CARVALHO, M. Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix. LALCA- Revista Latino Americana em Avaliação do Ciclo de Vida, v.1, 2017 [aceito].
- DELGADO, D. B. M.; CARVALHO, M.; CHACARTEGUI, R.; COELHO JUNIOR, L. M. **Optimization of energy supply and conversion in a northeast brazil hospital: use of photovoltaic panels.** In: 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering, 2015, Rio de Janeiro.
- DELGADO, D. B. M.; CARVALHO, M.; COELHO JUNIOR, L. M. **Custo médio de produção para utilização de biomassa em caldeiras de um sistema de poligeração de um hospital do nordeste brasileiro.** In: IV Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 2015, São Paulo.
- DIAS, M. S. C.; **Uso de Pequenos Gaseificadores para Geração de Energia Elétrica e Bombeamento d'água em Localidades Remotas,** 2004.
- DONG, Leilei; LIU, Hao; RIFFAT, Saffa. Development of small-scale and micro-scale biomass-fuelled CHP systems—A literature review. **Applied thermal engineering**, v. 29, n. 11, p. 2119-2126, 2009.

DORNBURG, Veronika; FAAIJ, André PC. Efficiency and economy of wood-fired biomass energy systems in relation to scale regarding heat and power generation using combustion and gasification technologies. **Biomass and Bioenergy**, v. 21, n. 2, p. 91-108, 2001.

ELETROBRÁS *et al.* **Análise econômica de investimento**: guia básico. Brasília: IEL/NC, 2008

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **CONSUMO DAS INDÚSTRIAS BATE RECORDE HISTÓRICO NO BRASIL EM JULHO**. Disponível em <http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20100823_1.pdf>. Acesso em 12 mai. 2017.

FAGUNDES, E. J. F. *et al.* **Combustão e gaseificação de biomassa sólida**: Soluções energéticas para a Amazônia. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2008. p. 193.

KINTO, O. T.; GALVÃO, L. C. R.; GRIMONI, J. A. B.; UDAETA, M. E. M. **Energia da gaseificação da biomassa como opção energética de desenvolvimento limpo**. Campinas, AGRENER - 4º Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

KIRUBAKARAN, V.; SIVARAMAKRISHNAN, V.; NALINI, R.; SEKAR, T.; PREMALATHA, M.; SUBRAMANIAN, P. **Review on Gasification of Biomass**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, p. 179-186, 2009.

LORA, E. E. S., ANDRADE, R. V., ARADAS, M. E. C., 2004, **Geração Elétrica em Pequena Escala a Partir da Gaseificação de Biomassa**. Núcleo de Excelência em Geração Termelétrica e Distribuída (NEST), Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá.

LORA, E.E.S., ANDRADE, R.V., ÁNGEL, J. D., LEITE, M. A., ROCHA, M. H., SALES, C.A., MENDOZA, M.A., CORAL, D.S. (2012). **Gaseificação e pirólise para conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis**. *Biocombustíveis - Volume 1*. pp. 412–498

LORA, E. E. S. *et al.* **Biocombustíveis**: Gaseificação e pirólise para conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

MUNIZ, R. N.; ROCHA, B. R. P. **Gaseificação de biomassa residuária na Amazônia**: estudo de caso em comunidade quilombola no Pará. *Anais do 8º Congresso Internacional de Bioenergia*. São Paulo – SP. 05 A 07 de novembro de 2013. p.6.

NASCIMENTO, D. P.; ARAUJO, Y. R. V.; CHACARTEGUI, R.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. JOÃO PESSOA SUSTENTÁVEL: **Análise de produtos e processos do aterro metropolitano para seu aproveitamento energético**. In: II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 2016, João Pessoa. *Anais do II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis*, 2016.

NASCIMENTO, D. P.; CARVALHO, M. **Potencial de mitigação de mudanças climáticas associadas ao descarte de resíduos sólidos em João Pessoa: LIXO É ENERGIA**. In: I Congresso Internacional de Estudos e Saberes Ambientais, 2016, João Pessoa. *Anais do I Congresso Internacional de Estudos e Saberes Ambientais*. João Pessoa: DATAB UFPB, 2016.

NOGUEIRA, M. F. M. Princípios para Uso de Biomassa como Combustível. In: BARRETO, E. J. F.; RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. F. M. **Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida**: Soluções Energéticas para a Amazônia. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. Cap. 2. p. 29-51.
PINTO JR., H. Q. (Org.) *et al.* **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 343 p.

PRANDO, Dario *et al.* Biomass gasification systems for residential application: an integrated simulation approach. **Applied Thermal Engineering**, v. 71, n. 1, p. 152-160, 2014.

ROMERO, A.; CARVALHO, M.; MILLAR, D. L. **Optimal Design and Control of Wind-Diesel Hybrid Energy Systems for Remote Arctic Mines**. *Journal of Energy Resources Technology*, v. 138, 2016.

RUMÃO, A. S. **Geração de potência e energia elétrica a partir da gaseificação de rejeitos de biomassa.** 106 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, 2013.

SALES, C. A. V. B. **Avaliação técnico econômica da conversão da biomassa em eletricidade utilizando tecnologias de gaseificação.** 2007. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SÁNCHEZ, C. G. **Tecnologia da Gaseificação de Biomassa,** São Paulo: Átomo, 2010.

SCHLITTLER, L. A. F. S. *et al.* **Gaseificação de Biomassa. Bahia: Diálogos Ciência:** Revista da Rede de Ensino FTC. v. 11, n. 3, p. 10, 2009.

TAVARES, R. F. A. M. **Hibridização de energia heliotérmica com gaseificação de biomassa para geração de energia elétrica.** 2016. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

WEC. **WORLD ENERGY:** Resources 2016. World Energy Council. London: World Energy Council, 2016.

Capítulo 4. Educação Ambiental

A educação ambiental é um dos instrumentos da Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e requisito mínimo para a estruturação de Planos Municipais de Resíduos Sólidos. Neste sentido, promove a hierarquia dos resíduos (não geração, redução, reutilização e reciclagem) e viabiliza ações e programas de economia circular, como ilustrado adiante.

4.1 A QUESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS: TECENDO TEIAS PARA UMA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

IQUEIRA, Á. N

Universidade Federal Rural de Pernambuco
aurea.nsiqueira@hotmail.com

SANTOS, Amanda P.

Universidade Federal de Pernambuco
amandapsantos1@gmail.com

CYSNEIROS, Matson dos Santos Macedo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)
matsoncysneiros@gmail.com

SELVA, Vanice S.

Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Esta pesquisa está relacionada à questão dos resíduos sólidos, tratando-se de uma temática atual e fundamental para ser trabalhada na construção de conhecimento de crianças e adolescentes, pois os resíduos sólidos são um problema constante nas áreas urbanas, de modo que contribuíam para formação de pessoas críticas e conscientes com o meio ambiente. O objetivo geral da pesquisa é analisar como os resíduos sólidos vêm sendo trabalhados na educação básica. A metodologia utilizada para realização da pesquisa foi através do método qualitativo e exploratório, com aula expositiva, discussão acerca da temática, oficina de reciclagem, aplicação de questionário. Portanto a pesquisa é uma prática sequencial para apreensão dos alunos por meio da percepção e da atitude de investigação crítico-reflexiva. Baseado neste contexto, a questão que move este trabalho tem como locus principal o conjunto de competências e habilidades a serem mediadas no processo ensino-aprendizagem a partir da questão do lixo.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas Urbanas, Coleta Seletiva, Educação Escolar.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano desde o período primórdio tem uma relação com a natureza, devido suas necessidades básicas. O homem através da evolução do processo histórico a partir das aldeias inicia um novo parâmetro de vida.

Segundo Aristóteles (384-322 a.C.) a formação de aldeias contribuiu para:

A sociedade que em seguida se formou de várias casas chama-se aldeia e se assemelha perfeitamente à primeira sociedade natural, com a diferença de não ser de todos os momentos, nem de uma frequência tão contínua. Ela contém as crianças e as criancinhas, todas alimentadas com o mesmo leite. De qualquer modo, trata-se de uma colônia tirada da primeira pela natureza.

A partir do momento que se forma cidade, surgiu uma sociedade como necessidades básicas para sobrevivência, utilizando o uso dos recursos naturais em benéficos da qualidade de vida existente.

O homem acreditava que os recursos naturais eram finitos, sem nenhuma preocupação com o meio natural, resultando sérios problemas ambientais existente nos dias atuais. A natureza encontra-se em uma sociedade de paradigmas que sobressaem aspectos relacionados ao antropocentrismo, ao cartesiano, a forma individualista, consumista e em destaque a concentração de renda de uma minoria, gerando uma relação de dominador e explorador, antagônico no que se diz respeito à natureza que é coletiva, que reutiliza e mantém a vida.

Surgiu à preocupação do ser humano diante das necessidades ambientais em relação ao termo “vida desenvolvimento sustentável” devido à inquietação do uso dos recursos naturais como respostas da crise ambiental, devido ao sistema capitalista e globalizado no mundo na segunda metade do Século XX (BARBOSA, 2008).

Com o aumento das cidades o consumo de produtos devido o sistema capitalista expandiu. O homem passou a produzir mais resíduo sólido do que outrora. Diante da preocupação com essa relação natureza o homem buscou medidas através da Educação Ambiental para solucionar os problemas de resíduos sólidos.

Os resíduos sólidos, também considerados lixo como um grande transtorno que afeta a qualidade de vida da população desde sua elaboração até o destino final do produto. Um dos maiores problemas mundiais da sociedade moderna é tentar reduzir o lixo nas áreas urbanizadas.

O ser humano tem uma forte ligação com o meio em que vive. As constantes transformações no espaço urbano têm provocado diversos problemas ambientais ocasionados devido ao aumento da população nos centros urbanos, a falta de infraestrutura e as necessidades de moradias, surgem com toda essa problemática o agravamento devido o aumento da produção dos resíduos sólidos e a falta de locais adequando para sua destinação, afetando diretamente o modo de vida do ser humano.

O processo urbanização devido à migração campo para cidade coadjuvou para intensificação que diz a respeito da questão ambiental, pois tratando-se de resíduos que são descartados sem o tratamento específico no meio natural acarretam consequências como a poluição do ar, das águas, do solo, das florestas e implicações na saúde dos seres vivos.

Segundo Macedo e Ramos (2015, p.42) os resíduos sólidos precisam ser gerenciados e controlados devido a grande quantidade existente e sua insegurança, para a redução de detrimento dos impactos ambientais e da saúde pública. Tais técnicas utilizadas atualmente são a de reciclagem e de compostagem (utilizada para os alimentos), é utilizada para esse tipo de técnica a Educação Ambiental (EA) por minimizar os danos existentes no meio ambiente.

Tais inquietações abrangendo ao discurso de resíduos sólidos implicam para a necessidade da prática voltada à reciclagem, esse processo de reutilização dos resíduos que seriam possivelmente descartados pela população, é coletado, separados e processados como matéria-prima para construção de um novo produto industrial ou manual. A reciclagem traz inúmeros benefícios para os centros urbanos, pois reduz a quantidade de material descartado no meio ambiente, adquire melhorias na limpeza das cidades, contribui para a melhor qualidade de vida da população, diminuição da poluição no meio contribuindo para a conservação dos recursos naturais.

Diante do exposto este trabalho tem como objetivo propor uma análise em questão da Educação Ambiental, voltada para Educação básica. Buscando compreender esta problemática socioambiental, e partindo da concepção de que a escola é a responsável por construir em conjunto com os alunos uma Educação Ambiental também voltada para o tratamento dos resíduos sólidos enfatizando a sensibilização para um descarte consciente em suas múltiplas ocorrências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A questão dos Resíduos Sólidos Através dos Tempos

A partir do século XIX passar a ter uma definição o lixo – resíduos sólidos entre dejetos - Fezes e Urinas quando depois passaram a coletar separadamente através do esgoto sanitário. O homem sempre separa-se do convívio dos lixos e dos dejetos existentes, mas não é apenas o ser humano que possui este hábito os animais também possui esta prática através do instinto de limpeza nos ninhos e tocas. O homem trás consigo o instinto de limpeza em seu trabalho sobre a limpeza urbana (EIGENHEER, 2009).

O ser humano quando nômades não se preocupava com os dejetos e lixos já que não ficava muito tempo no mesmo lugar. Os problemas vêm acarretando a partir do momento que surgem as aldeias, quando o homem passa a fixar em um determinado local (cidades), que inicia-se sua formação por volta de 4.000 a.C. Os Sumérios além de compreender o uso da irrigação, criaram cidade complexas, com templos, aonde organizavam-se seu abastecimento e desabastecimento. Os sacerdotes que administravam a limpeza da cidade e a água. Os babilônios construíram canais murados que interligavam para a utilização nas casas.

Segundo as normas brasileira ABNT NBR 10004:2004 os Resíduos Sólidos ou Semi-sólidos, são compreendidos como materiais indesejados são na grande maioria irremovíveis, e inevitáveis. São resultados de atividades humanas, exemplo disso é que todo processo de produção gera resíduo e posteriormente a cessação da vida útil do produto, além dos resíduos produzidos pela atividade doméstica, industrial, comercial, agrícola, de serviço e varrição. Incluindo os desenvolvidos a partir do

sistema de tratamento de água que são gerados por equipamentos instalados com controle de poluição, como alguns líquidos que são lançados na rede de esgoto ou que precisam de técnicas com tecnologias avançadas.

No Brasil, os resíduos sólidos e sua destinação vêm causando preocupação gerada especialmente pelas ações antrópicas, que podem ser de origem líquida, gasosa e sólida, que podem contaminar o meio ambiente quando são manuseados inadequadamente, além de poluir e causar desperdício aos recursos naturais.

De acordo com o site Portal do Brasil (2007), cada indivíduo brasileiro passa a produzir em média por dia 1,1 quilograma de lixo, no Brasil são coletados constantemente 188,8 toneladas de resíduos sólidos, desse total 50,8% dos municípios têm destinos inadequados, ou seja, são jogados para 2.906 lixões que o Brasil já possui. Cerca de 27,7% das cidades os resíduos sólidos vão para aterros sanitários e em 22,5% delas vão para aterros controlados, conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do Instituto de Estatística.

Conforme a Constituição Federal cabe ao Poder Municipal das cidades zelar pela limpeza, coleta do lixo, destinação e a manutenção urbana. Com a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei 12305./2010) cabe às prefeituras a tarefa de base sólida e de responsabilidade de mudar o potencial do panorama do lixo brasileiro. Segundo a PNRS, em agosto de 2010 foi aprovado o tratamento e o destino final dos resíduos urbanos, como os industriais, os perigosos, comerciais e dentre outros.

A Lei 12305/2010 foi estabelecido o fechamento dos lixões a céu aberto até o ano de 2014, proibindo que os resíduos sólidos sejam despejados a céu aberto em todo o país. Além disso, a lei adverte que os resíduos que não podem ser reciclados só poderão ser descartados em local apropriado e após por um tratamento adequado, porém ainda existem vários lixões nos estados brasileiros que ainda estão no processo de regulamentação.

No Brasil, segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2010 a coleta de lixo teve um aumento em toda a região brasileira a mais abrangente foi na Região Sudeste com 95%, logo após a Região Sul com 91,6% e a Região Centro-Oeste com 89,7%, a menor cobertura em relação a coleta foi identificada nas Regiões Norte e Nordeste que apresentaram um crescimento de 16,6 pontos percentuais e 14,4 pontos percentuais.

Nas regiões urbanas, a coleta seletiva do lixo a domicílios está acima de 90% com uma variação de 93,6% na região Norte a 99,3% na Região Sul. Em áreas rurais o Brasil ampliou seu serviço em relação ao ano de 2000, passando de 13,3 % para 26,9% no ano de 2010. Porém mesmo com a coleta seletiva os obstáculos geográficos e o elevado custo na coleta do lixo rural levaram aos moradores adotar a incineração dos resíduos para se desfazer dos mesmos.

Esse tipo de alternativa cresceu 10 vezes mais passando para 48,2% em 2000 e em 2010 para 58,1%. Para solucionar esse problema os resíduos foram depositados em terrenos baldios no ano de 2000 foi adotada pelos moradores de 20,8% e reduziu em 2010 para 9,1%, conforme os dados do IBGE, 2010. Portanto, ainda encontra-se problemas em relação ao destino dos resíduos que precisam ser identificados e solucionados para amenização do lixo nas áreas urbanas.

2.2 Características e Classificação dos Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos possuem uma classificação de acordo com seu tipo de origem (orgânico ou inorgânico). Para que os resíduos sólidos sejam devidamente caracterizados deve-se conhecer sua origem, seus constituintes e características. Durante a caracterização, que é feita seguindo padrões específicos de amostragem e testes, são determinados, por exemplo, se um resíduo é inflamável, corrosivo, combustível, tóxico e etc. Também são estudadas suas características físicas (granulométrica, peso, volume, resistência mecânica, etc.) e químicas (reatividade, composição, solubilidade e etc.).

Algumas normas utilizadas para classificação:

- ABNT NBR10004/2007 – Resíduos Sólidos – Classificação;
- ABNT NBR10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixívia do de resíduos sólidos;
- ABNT NBR10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos;
- ABNT NBR10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos;
- ABNT NBR12808:1993 – Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação;
- ABNT NBR14598:2000 – Produtos de petróleo – Determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens USEPA – SW846 – *Test methods for evaluating solid waste – Physical/chemical method.*

A classificação dos resíduos sólidos tem como objetivo saber quais os riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública para que se possa ser cuidado de forma adequada. Conforme a ABNT em sua NBR 10004:2004, classifica os resíduos em três classes:

- Resíduos Classe I – Perigosos;
- Resíduos Classe II – Não perigosos:
 - Resíduos Classe II A – Não inertes;
 - Resíduos Classe II B – Inertes.

2.3. Principais Formas de Destinação dos Resíduos Sólidos

Existem diferentes formas de descarte dos resíduos sólidos, como o aterro sanitário, a compostagem, esterilização, o aterro controlado, aterro industrial. Apesar dessas diversas formas, em sua maioria, não são adequadas, pois podem trazer sérios problemas à saúde humana e ao ambiente, como a proliferação de doenças, poluição do solo e do meio ambiente.

No Brasil, o lixo tem sido descartado em aterro sanitário, aterro controlado e lixão. Como procede na figura 01, a pesquisa desenvolvida pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE aponta que o destino do lixo para o aterro sanitário teve uma aumento considerável entre 2011 – 2012.

Figura 1. Destino final do Lixo no Brasil



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) – 2012.

2.3.1 Depósito a Céu Aberto (Lixão)

Os resíduos Sólidos, destinados aos depósitos a céu aberto, podem acarretar doenças públicas, prejudicando o meio ambiente. Os lixões são depósitos de resíduos sem nenhum tratamento adequado, para que esses impactos sejam minimizados é necessário que se organize a coleta seletiva dos resíduos, e que os materiais orgânicos sejam depositados em aterros sanitários controlados.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (Abrelpe), no ano de 2012 foram coletados no Brasil cerca de 58% de resíduos sólidos para aterros sanitários, de forma inadequada. Os outros 42% foram depositados em aterros sanitários controlados ou lixões, possuindo um conjunto de sistemas e medidas necessários para a proteção do meio ambiente.

2.3.2 Depósito em Aterro Controlado

O Aterro Controlado é um tipo de lixão que permite, conforme a legislação, a destinação dos resíduos neste determinado local, porém deixando claro que se torna inadequado para o meio ambiente, contaminando o solo natural. A NBR 8.419 ABNT (1985), define aterro controlado de resíduos sólidos em ambiente urbano como: Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

O Aterro Controlado, não possui práticas de combate a poluição, devido à infiltração do lixo no solo e no lençol freático. Geralmente esses tipos de aterros são os antigos lixões que passam por um procedimento que diminui o efeito causado pelo chorume gerado. Esse líquido percolado muitas vezes é canalizados para o tratamento adequado, removendo os gases que são produzidos em diferentes profundidades do aterro.

2.3.3 Aterro Sanitário

Segundo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas - ITP (1995) o aterro sanitário é o processo utilizado para a disposição de resíduos sólidos no solo - particularmente lixo domiciliar - que, fundamentado em critérios de engenharia e normas operacionais específicas, permite a confinação segura em termos de controle de poluição ambiental e proteção à saúde pública.

O aterro sanitário consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde e à segurança, assim minimizando os impactos ambientais. Esse método se utiliza de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou intervalos menores se necessário (ABNT-1984).

Segundo Gouveia (2012), a utilização dos resíduos sólidos de forma adequada torna-se essencial para preservação do meio ambiente, contribuindo assim para promoção e proteção da saúde pública. A utilização dos aterros compromete a qualidade do solo, da água em lençóis freáticos e do ar, por apresentarem componentes orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados.

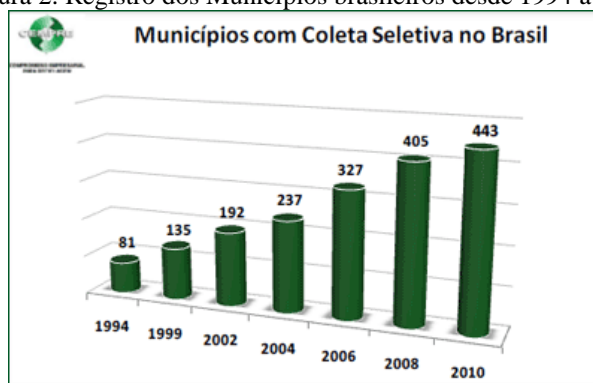
2.4 Reciclagem dos Resíduos Sólidos

Baseado no Ministério do Meio Ambiente – MMA, os resíduos recicláveis, são resíduos descartados que podem ser reutilizados em partes ou o seu todo. Tais materiais podem voltar a ser utilizados na cadeia produtiva com a função original ou de forma diferente.

2.4.1 Coleta Seletiva

No Brasil, cerca de 443 municípios possuem programa de coleta seletiva, (figura 02) o que corresponde a 8% do total. 22 milhões de brasileiros apresentam o acesso aos programas municipais de coleta seletiva, apesar dos baixos números esse serviço tem aumentado gradativamente. Porém na maior parte dos municípios a coleta não cobre mais de 10% da população local, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010).

Figura 2. Registro dos Municípios brasileiros desde 1994 a 2010



Fonte: Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE, 2010.

2.4.2 Valorização dos Resíduos Sólidos

A reutilização dos resíduos sólidos tem-se intensificando cada vez mais, desde área de produção industrial como nas residências. Atualmente, é fundamental o reaproveitamento, pois os recursos naturais são esgotáveis trazendo risco aos recursos naturais e a preservação do planeta. Assim a sociedade, tem mudado seus hábitos e práticas com o uso da coleta seletiva do lixo, como alternativa que privilegia o tratamento de lixo urbano.

Por consequente, as usinas de porte e tecnologia diversificada, vêm se somando outras iniciativas públicas e privadas envolvendo segmentos industriais ou setores de população especialmente diferenciados (condomínios residenciais, estabelecimentos comerciais, bairros, regiões administrativas e prefeituras municipais), visando ao reaproveitamento dos dejetos. Ao mesmo tempo, grandes contingentes de população pobre dos centros urbanos brasileiros - os catadores, xepeiros – têm na garimpagem do lixo importante estratégia de sobrevivência.

2.4.3 Os 3R: Reduzir, Reutilizar e Reciclar

Nas áreas urbanas o lixo, deve ter como um dos seus principais objetivos, a redução de matérias. A redução e o reaproveitamento tem trazidos benefícios para a sociedade, para a economia e para o meio ambiente. Um conceito muito importante segundo Stephanou (2013) é aplicado para gerenciar os resíduos sólidos conceituando a partir dos 3 R's que atinge os parâmetros ambientais, sociais e econômicos. A gestão de resíduos sólidos deve ser feita observando as prioridades no conceito dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar).

Reduzir - Consiste na redução de lixo. A partir do momento em que o desperdício resulta em ônus para o Poder Público e para o contribuinte, a redução do volume de lixo significará redução de custos, além de fator decisivo na preservação dos recursos naturais. Menos lixo gerado também implicará em estrutura de coleta menor, e também em redução de custo de disposição final.

Reutilizar –Existem várias maneiras de se reutilizar os resíduos sólidos. Reaproveitar embalagens descartáveis para outros fins é apenas um exemplo de os resíduos podem ser utilizados novamente.

Reciclar – É a transformação da matéria prima para a forma de reciclagem formando agora o terceiro ponto nesses 3 R's, sendo a alternativa quando não é mais possível reduzir nem reutilizar.

2.4.4 Reciclagem como Inclusão Social

Atualmente no Brasil, já se houve falar muito sobre a separação do lixo. A população começou a despertar para essa importância social devido os catadores de lixos. Atualmente, existem aproximadamente 1 (um) milhão de pessoas no país que andam pelas ruas coletando materiais recicláveis Compromisso Empresarial para a Reciclagem – CEMPRE (2010).

Os catadores são essenciais para a reciclagem, e são divididos em diferentes categorias, desde os pequenos grupos que trabalham por conta própria sem proteção ou condições higiênicas ou até mesmo grandes empresas que trabalham com maquinário, veículos e controle de produção.

Os catadores de lixo que trabalham por conta própria (autônomos) são sujeitos à exploração dos seus materiais adquiridos, para as vendas desse lixo por valores mínimos do grande trabalho que fazem. Segundo o CEMPRE (2010), apenas 10% desses catadores de lixo, são organizados, sem a dependência dos intermediários, pois são aqueles indivíduos que trabalham em galpões de reciclagem que possuem uma infraestrutura adequada para o trabalho. Nessas cooperativas aumenta a quantidade dos materiais e o valor, pois melhora a qualidade, sendo preço atraente no mercado e gerando renda mais elevada e com isso ganhos sociais.

2.5 Reciclagem e Educação Ambiental

Sabendo que os resíduos sólidos influenciam na dinâmica da sociedade, como por exemplo na inclusão social, como foi abordado anteriormente, a escola não pode deixar de se envolver com essa problemática. Para isso é fundamental que a escola se envolva com a reciclagem, a redução dos resíduos e a reutilização dos mesmos e conseqüentemente com os resíduos que a mesma produz.

Para que isso aconteça de forma satisfatória é preciso que a escola tenha uma Educação Ambiental crítica, na qual os estudantes se envolvam com práticas interdisciplinares, contínuas e processuais, tendo um olhar totalizador do meio, vivenciando as discussões que são realizadas em sala de aula. Além disso, a educação ambiental deve ser regada continuamente pelo saber ambiental, o qual considera a cultura, os conhecimentos prévios, as etnias de cada um, dessa forma respeitando as diferenças de cada indivíduo. Assim como afirma Leff, (2002):

“O saber ambiental propõe a questão da diversidade cultural, no conhecimento da realidade, mas também o problema da apropriação de conhecimento e saberes dentro de diferentes ordens culturais e identidades étnicas. O saber ambiental não apenas gera um conhecimento científico mais objetivo e abrangente, mas também produz novas significações sociais, novas formas de subjetividade e de posicionamento ante o mundo” (p. 169).

Assim sendo percebe-se que o saber ambiental também possibilita uma nova visão dos cidadãos ante o mundo e ante aos problemas por eles enfrentados. O saber ambiental também prevê a interdisciplinaridade, de forma que esta não se faz apenas pela relação entre as diferentes disciplinas, mas principalmente por se tratar de uma “reconstrução social por meio de uma transformação ambiental do conhecimento” (LEFF, 2002).

Dessa forma é fundamental que a Educação Ambiental seja também um conhecimento totalizador, ou seja, um conhecimento que objetive um estudante completo, com visões críticas. Moran (2003, p.42) afirma que “o objetivo da educação não é o de transmitir conhecimentos sempre mais numerosos ao aluno, mas o de criar nele um estado interior e profundo, uma espécie de polaridade – transformação em seu próprio ser mental” (MORIN, p. 47, 2003).

Dessa forma, com os estudantes construindo um saber ambiental e um saber totalizador, segundo Morin (2003) ocorrerá uma transformação no conhecimento e conseqüentemente na sociedade. Além disso, um saber ambiental possibilitará a compreensão do ambiente de forma totalizadora fomentando a importância de se estudar os resíduos sólidos de forma diferenciada, atentando para a necessidade de uma nova forma de tratamento dos resíduos.

A Educação Ambiental é fundamental não só nas questões ligadas à reciclagem e aos resíduos sólidos, mas também na compreensão de todas as relações que são estabelecidas no espaço sejam essas entre homem-homem, homem- natureza. Por essas questões é de fundamental importância que a Educação Ambiental seja uma pratica continua dentro das instituições de ensino, mobilizado e sensibilizando professores, alunos, funcionário a participarem e agirem dentro dessa prática. Entretanto para que estabeleça um saber ambiental é preciso que ocorra uma transversalidade e uma interdisciplinaridade, como citado anteriormente, por tanto a importância ainda salienta a diferença a

multidisciplinaridade, a pluridisciplinaridade e a interdisciplinaridade, sendo esta última a fundamental para uma educação verdadeiramente ambiental.

As práticas multi são caracterizadas por profissionais de diferentes áreas trabalhando isoladamente, muitas vezes sem cooperação ou qualquer troca de interação. No caso educacional pode-se ver isso quando a escola, por exemplo, tem um trabalho sobre reciclagem e cada professor trabalha a problemática isoladamente, dentro de suas áreas de conhecimento sem que aconteça diálogo com outras áreas (Vasconcelos, 2002).

As práticas pluri são caracterizadas por profissionais de diferentes áreas com interações pontuais. Seguindo o exemplo anterior seriam os diferentes professores dialogando pontualmente sobre a reciclagem, cada um com a visão da sua área de conhecimento (Vasconcelos, 2002). Por fim as práticas interdisciplinares são aquelas nas quais os profissionais de diferentes áreas dialogam entre si, assim concretizando um conhecimento que não é considerado de nenhuma das áreas iniciais. Seguindo ainda o exemplo citado seria vários professores trabalhando em comunhão formando assim, um conhecimento terceiro que não pode ser caracterizado com nenhuma área de conhecimento específica (Vasconcelos, 2002).

Dessa forma, com um a construção de um conhecimento totalizador, interdisciplinar, respeitando a diversidade cultural e étnica entre os estudantes, a relação entre homem-homem, homem-meio natural, o saber ambiental se torna uma realidade e como consequência os estudantes teriam uma reforma no pensamento que se alastraria para toda a sociedade, transformando assim também a sociedade. Como consequência do saber ambiental os estudantes compreenderiam a importância dos 3Rs, consequentemente os impactos dos resíduos na sociedade e a relevância de se estabelecer uma reciclagem dos resíduos.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui um caráter qualitativo, exploratório. Para isso se desenvolveu em um projeto nas aulas de Geografia, voltado para Educação Ambiental Crítica - EAC, realizado no quarto semestre do ano do ano letivo escolar de 2015 (Meses de outubro e novembro) na qual teve a participação dos alunos inseridos na sala de aula que foram catorze (14) discentes que fazem parte do ensino básico - 8º ano - de uma determinada escola da rede privada localizada na Região Metropolitana do Recife-PE, situado no Bairro de Boa Viagem. Dessa forma se construiu uma visão interdisciplinar mobilizando os professores de diversas áreas do ensino.

Concretizando também um saber ambiental na esfera educacional, voltado para a prática de uma Educação Ambiental Crítica. Esse saber ambiental é fundamental para os estudantes, pois torna-se pertinente para analisar, compreender e identificar os problemas das relações do ser humano com o meio ambiente. O projeto foi realizado a partir de quatro momentos consecutivos sendo norteador para a pesquisa: (i) realização de aula expositiva, (ii) discussões com os discente sobre a temática, (iii) oficina de reciclagem, e (iv) aplicação de questionários.

3.1 Realização da Aula Expositora

Foi realizado no primeiro momento três aulas expositoras pela professora de Geografia, utilizando recursos tecnológicos (Data Show, computador), na qual foi apresentado aos alunos a importância e as necessidades do estudo sobre as questões do lixo urbano em sua cidade (Recife-PE), mostrando conceitos básicos acerca da temática e a importância da separação dos resíduos e a etapa de classificação e a reutilização do lixo.

3.2 Discussões com os Discentes sobre a Temática

Após as aulas expositoras da docente o segundo momento foi realizado a partir de uma roda de discussões na qual o alunato expressou sua opinião e compreensão em relação ao tema e apresentando questões pertinentes à temática, permitindo maior interação e aprendizado.

3.3 Oficina de Reciclagem

No terceiro momento foi realizada a oficina de reciclagem (Figura, 03) na qual os estudantes utilizaram resíduos sólidos que seriam descartados pela em escola e pelas suas residências na elaboração de materiais educativos. Os alunos construíram maquetes, jogos educativos e objetos de decoração.

Os materiais elaborados pelos estudantes durante a oficina foram utilizados pelos mesmos durante as aulas tanto para a decoração da sala, para a organização dos materiais escolares e também como jogos que auxiliaram os estudantes na concentração durante as aulas de diferentes disciplinas.

Figura 3. Reutilização de resíduos sólidos na construção de brinquedos didáticos construídos pelos alunos durante a oficina



Fonte: Áurea Siqueira

3.4 Aplicação de Questionário

Por fim foi realizada uma análise de conteúdo e a aplicação de um questionário contendo dez questões com ênfase na observação da realidade dos alunos em relação ao contexto realizado ao longo desse trabalho. Os questionários contiveram perguntas abertas e fechadas dirigidas aos discentes, além das opiniões em discussões em sala de aula. Neste contexto os questionários sendo realizado em último momento para que os discentes obtivessem maior conhecimento em relação a temática e expondo suas opiniões e críticas sobre as discussões relevantes e a prática realizada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do que foi exposto a experiência realizada no quarto semestre do ano letivo de 2015 com os alunos do Ensino Fundamental II do 8º ano do turno da tarde, pode-se observar a interação e a interdisciplinaridade sendo aplicada sobre a *práxis* da Educação Ambiental Crítica, conforme Loureiro (2006, p.52, apud LIMA, 2009, p.148) pode ser criterioso qualquer tipo de prática pedagógica em relevante ao caráter tradicional que tenha seu marco em na estruturação hierarquizada, a partir dos parâmetros neutros do conhecimento através daquilo que seja produzido e transferido, de modo organizacional, através de planejamento e conhecimento racional, com finalidades pedagógicas abstraídas às inferências comunitárias de suas práticas.

Por meio da aula expositora, foi possível depreender que os estudantes através de interdisciplinaridade voltada para a visão holística das relações entre o ser social e o meio ambiente que permeiam as articulações da prática no âmbito urbano pelas questões dos resíduos sólidos, despertando o interesse para uma perspectiva de cunho positivo dialogando com a interações entre sociedade e a natureza.

A roda de diálogos foi fundamental para os alunos exporem seus conhecimentos sobre o tema abordado. Durante o debate os estudantes relataram a falta de coleta seletiva nos bairros que moram, a falta de responsabilidades dos órgãos públicos com o ambiente urbano. Assim percebe-se que ainda falta um longo caminho a se percorrer para a obtenção de uma coleta seletiva ideal. Para contribuir com essa prática que é fundamental para dar continuidade na prática da EA.

Em relação ao desenvolvimento realizado pelo momento da oficina, foi possível perceber que os discentes apreender de forma positiva as relações entre o ser humano e o meio em que habita. Através das práticas de reuso dos resíduos dos resíduos que seriam descartados pela escola e pelas residências dos estudantes, como por exemplo, Garrafas PETs e as tampas da própria garrafa, rolo do papel higiênico, palito de picolé, caixas, latas, os discentes perceberam a importância dos 3Rs, propondo em outro momento futuro a realização de novas oficinas para elaborar objetos como brinquedos para serem doados a pessoas carentes.

No questionário se perguntou sobre a prática da coleta seletiva em casa, apenas um aluno alegou que sua residência não fazia esse tipo de separação e destinação correta dos resíduos gerados, entretanto afirmou que através das discussões sobre a temática ele apresentou-se disposto em mudar essa prática e mostrar a sua família a importância da coleta seletiva, em prol de objetivos que beneficie a qualidade de vida e do meio ambiente.

Por fim, o questionário apresentou saberes e opiniões em relação à temática trabalhada de forma construtivista. Os Quatorze alunos evidenciaram que após a realização do trabalho obtiveram maior interesse em analisar e serem críticos as questões voltadas a sociedade no critério de responsabilidade social e ambiental, tornando importante a continuidade dessas atividades em projetos futuros.

5. CONCLUSÃO

A questão dos resíduos sólidos vem tecendo teias para Educação Ambiental – EA, no contexto escolar, não se trata de uma temática isolada, mas contextualiza com a qualidade de vida da sociedade, que vem impactando o meio ambiente, devido à forma de destino dos resíduos, compreende ser um processo de aprendizagem que deve ser constantemente mantido na vida da sociedade, porém ocorre em âmbito escolares e envolve a comunidade.

Com a realização da prática, percebeu-se a relevância dessa temática para o aprendizado e que deve ser trabalhada de forma interdisciplinar, além de ser um tema da realidade dos alunos e que ainda precisa se tornar uma prática constante não só na sala de aula, mas também nas casas, nos bairros e em toda sociedade.

As etapas abordadas na sala de aula (Aula expositiva, discussões com os discentes, oficinas e questionário) despertaram interesse dos alunos para os resíduos e a importância do coleta seletiva e reciclagem. A oficina foi fundamental, pois os próprios alunos aprenderem de forma crítica a importância de tratar os resíduos de forma diferenciada.

A temática foi importante para os alunos, pois eles vivenciam na comunidade, sendo observado de forma crítica e educacional, já que para muitos o lixo é algo desagradável e tem que ser mantido distante da sociedade, porém os alunos analisaram através da Educação Ambiental Crítica a importância do lixo reciclado para a sociedade, que muitas vezes não apresenta seu destino de forma adequada e acaba contaminando o meio ambiente.

Outro aspecto relevante observado pelos próprios alunos foi à importância da interdisciplinaridade, entre geografia, química, biologia, história. Esse é um dos aspectos fundamentais para o aprendizado do alunato na relação de uma educação crítica, no parâmetro ambiental. É relevante ainda que como cidadãos essa prática seja contínua e consciente a reutilização e minimização dos impactos ambientais decorrente das ações humanas no meio natural.

A Educação Ambiental quando é inserido de forma bem aplicável, contribui para mudanças no comportamento do ser humano de forma pessoal, inserindo atividades e práticas de valores com a cidadania que trazem novas transformações de ordem societárias.

A importância do papel do docente contribui para as mudanças de uma educação transformadora com compromisso com o meio ambiente, portanto é essencial a Educação Ambiental para desenvolver no alunato o interesse e a responsabilidade as questões e construção de um ambiente sustentável para garantir a qualidade de vida presente e das futuras.

REFERÊNCIAS

- ARISTÓTELES. **A Política**, 2013. Disponível em:< <http://www.dhnet.org.br/direitos/anthist/marcos/>> Acesso em 10 fev. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Resíduos Sólidos: Manual de Boas Práticas no Planejamento**. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/arquivos/manual_portugues_2013.pdf> Acesso em: 10. Fev 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL - ABES. **Resíduos Sólidos Urbanos: Coleta e Destino Final**. Ceará, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419: **Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos: procedimentos**. Rio de Janeiro, 1985.
- _____. NBR 10004: **resíduos sólidos: classificação**. São Paulo, 2004.
- _____.NBR 8419 – **apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos**. São Paulo, 1984.
- BARBOSA, G.S. **O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. Revista eletrônica da Faculdade Salesiana Maria Auxiliadora, 2008. Disponível em:<http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Desenvolvimento_Sustentavel_Gisele.pdf> Acesso em: 28. Abril 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portal Separe o Lixo**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.separeolixo.com/>>. Acesso em: 17 fev. 2014.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. Acervo de artigos da CEMPRE sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Os impactos da nova lei contra o aquecimento global**. Disponível em <http://www.cempre.org.br/download/pnrs_001.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2014.
- EIGENHEER, Emílio Maciel. **Lixo: A limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre – RS, 2009.
- GOUVEIA, N. **Resíduos Sólidos Urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Revista The Scientific Eletronic Library Online – SciELO, 2012. Disponível em:< <http://www.scielosp.org/pdf/csc/v17n6/v17n6a14>> Acesso em: 10 Jan. 2017.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. IPT-CEMPRE, São Paulo, 1995.
- LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental**. 3 ed., São Paulo: Cortez, 2002.
- LIMA, G.F. **Educação Ambiental Crítica: do Socioambientalismo às Sociedades Sustentáveis**. Revista The Scientific Eletronic Library Online – SciELO 2009.
- MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento** (tradução Eloá Jacobina). – 8. ed. -Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- MACEDO, M. A. A. P. T; RAMOS, M.C.P. **Educação Ambiental e Resíduos Sólidos Urbanos: Caminho para um Futuro Sustentável**. EDUSER: Revista de educação vol 7 (2), 2015. Disponível em: < <https://www.eduser.ipb.pt/index.php/eduser/article/view/65>> Acesso: 07Abr.2017.
- STEPHANOU, J. **Gestão de Resíduos Sólidos: Um Modelo Integrado que gera Benefícios Econômicos, Sociais e Ambientais. Capítulo do livro online, na sustentabilidade: resultados e Pesquisas do PPGAS/UFRGS, 2013. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=235>> Acesso em: 02 de mai 2017.**
- VASCONCELOS, E. M. **Complexidade e Pesquisa Interdisciplinar: epistemologia e metodologia operativa**. Petrópolis: Vozes, 2002.

4.2 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM FOCO NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ESCOLA PÚBLICA, SANTARÉM - PA

FERREIRA, Amanda Estefânia de Melo
Universidade Federal Oeste do Pará (UFOPA)
amanda.ferreira@edu.com.br

SILVA, Iara Lina de Sousa
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
iara.lina@yahoo.com

VINENTE, Taiane Batista
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
taianevinenteesa@gmail.com

OLIVEIRA, Ydennek Castro de
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
ydennek.castro@gmail.com

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar resultados de um programa de educação ambiental sob a evolução conceitual, o pensamento crítico e a adoção de práticas mais sustentáveis para a gestão de resíduos em alunos e responsáveis, em uma escola de ensino fundamental em Santarém - PA. As atividades de educação ambiental deram-se através de oficinas na temática da gestão de resíduos sólidos. Para avaliação do projeto, foram aplicados questionários antes e depois das ações para 20% dos alunos de cada turma, e seus responsáveis, totalizando 96 indivíduos estudados, os quais foram selecionados aleatoriamente. Os resultados indicaram a eficiência do programa, visto que houve uma tendência positiva para grande parte dos parâmetros estudados, demonstrou ainda que mesmo sem desenvolvimento direto dos responsáveis, os conteúdos passados aos alunos, foram transmitidos por estes e seus domicílios. Evidencia-se a Educação Ambiental nas escolas e a efetividade na formação cidadãos mais comprometidos com a sustentabilidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos Urbanos, Ensino Público, Evolução Conceitual.

1. INTRODUÇÃO

Apesar da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, a geração e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) continua sendo um problema de grande escala no Brasil. Em 2015, a geração total de RSU no país foi de 218.874 toneladas/dia, representando um crescimento de 1,7% em relação ao ano de 2014. Além disso, uma grande parcela desses resíduos é encaminhada para ambientes inadequados e sem o devido tratamento. De acordo com Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, em 2015, mais de 41% dos RSU coletados no país, o equivalente a 30 milhões de toneladas, tiveram como destino final lixões e aterros controlados, os quais são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde da população (ABRELPE, 2015).

Quando não gerenciados adequadamente, os resíduos sólidos são capazes de promover a contaminação de ambientes aquáticos e solos, principalmente pelo carregamento do chorume¹, assim como a atmosfera, pela emissão de diversos gases, dentre eles o Hidroclorofluorcarbonetos – HCFC, (substitutos dos CFC's, e que são liberados de resíduos sólidos urbanos que possuem esse gás em sua composição), o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂), que podem gerar graves problemas ambientais e de saúde pública, ocasionando graves doenças (LIMA, 2004).

Desse modo, a implementação da PNRS é imprescindível para o controle da qualidade ambiental e minimização desses impactos, uma vez que prevê a remediação de áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos, além de estabelecer os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Entre os instrumentos dessa política, destacam-se os planos de gerenciamento de resíduos sólidos, a coleta seletiva e a educação ambiental, por meio dos quais podem-se alcançar objetivos como a não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Reconhece-se assim educação ambiental, como instrumento modificador e multiplicador de ideias, devido métodos que propiciam momentos de reflexão crítica, de diálogo com a realidade cotidiana, considerando a participação pública nos processos decisórios de gestão ambiental e mobilizando a sociedade sobre a necessidade de uma alteração profunda nos modelos de produção e consumo atuais (CINQUENTTI; LOGAREZZI, 2006). Assim, por meio da educação ambiental a população é motivada a participar ativamente em prol da responsabilidade socioambiental individual e coletiva para a solução dos problemas causados pela presença de resíduos no ambiente (CRISÓSTIMO, 2012).

Para a compreensão de maneira geral das problemáticas ambientais, é necessário que a educação ambiental seja abordada de forma interdisciplinar, visto que a construção de conteúdos formativos ou a capacitação deve dialogar com a realidade, as demandas e as carências específicas de cada situação (WOJCIECHOWSKI, 2006). A interdisciplinaridade nas questões ambientais aborda a visão e a contribuição das várias disciplinas, para construir uma base comum de complementação e explicação do problema tratado, considerando o saber popular, o conhecimento científico e o contexto cultural em que são produzidos (CASCINO, 1999).

No Brasil, a educação ambiental é implementada pela Política Nacional de Educação Ambiental (lei no 9.795/1999), é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar

¹Líquido gerado a partir da decomposição da matéria orgânica (Pereira-Neto, 2007)

presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal, sendo aplicada, respectivamente, no âmbito das instituições de ensino para todos os níveis e modalidades, ou destinada à sensibilização da coletividade, como por exemplo: grupos de mulheres, de jovens, trabalhadores, políticos, empresários, associações de moradores, profissionais liberais, dentre outros, sobre as questões ambientais. (BRASIL, 1999).

No município de Santarém - PA, além das ações educativas sobre o meio ambiente desenvolvidas pelo governo municipal, existe a educação ambiental executada no âmbito universitário, envolvendo as mais diversas áreas de destaque ambiental. No que se refere à gestão dos resíduos sólidos, o município está em fase de adequação para gerenciamento dos resíduos sólidos, frente à PNRS, programas pilotos de coleta seletiva, suportados por programas de educação ambiental, vem sendo desenvolvidos (SANTARÉM, 2015).

Diante da importância e necessidade em trabalhar com educação ambiental com ênfase em gestão de resíduos sólidos, implementamos em 2014 e 2015, um plano de trabalho com Atividades de extensão universitária focado no gerenciamento de resíduos sólidos em uma escola pública de ensino fundamental em Santarém – PA. Dentre as atividades realizadas, desenvolvemos um programa de educação ambiental visando proporcionar o melhor gerenciamento de resíduos, promover aos envolvidos o aprendizado na temática proposta e a adoção de práticas mais sustentáveis dentro e fora do ambiente escolar.

Desta forma, trazemos nesse estudo a avaliação dos resultados desse programa de educação ambiental. Objetivamos com este, avaliar a evolução conceitual, a mudança de pensamento (pensamento crítico) e a adoção de práticas mais sustentáveis para a gestão de resíduos sólidos em alunos e pais ou responsáveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Educação Ambiental como Instrumento de Gestão de Resíduos Sólidos

Frente aos diversos desafios que devem ser enfrentados para os cuidados com os resíduos sólidos, a PNRS, em seu Art. 8º, estabelece a Educação Ambiental como um dos seus principais instrumentos para o gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O espaço físico da escola é o primeiro elemento da inserção da educação ambiental no ensino formal, por ser o centro e replicação do aprendizado (MENEZES, 2012). Hoje, nos diferentes setores sociais, há uma forte tendência em reconhecer o processo educativo como uma possibilidade de provocar mudanças e alterar o atual quadro de degradação do ambiente com o qual deparamos (CARVALHO, 2006). Nesse sentido, projetos de diversas instituições abordando os mais variados temas ambientais são desenvolvidos em ambiente escolar (PEDRINI, 2007).

Para Macedo e Ramos (2015) a educação ambiental sobre as questões da sustentabilidade deve ser trabalhada tanto na formação de professores quando nas escolas em todos os níveis de ensino, devendo centrar os esforços na intervenção da escola com a família, as comunidades, bem como nos espaços (meios) de comunicação social.

Assim, o meio ambiente ganha destaque nos Parâmetros Curriculares Nacionais, ganhando um novo direcionamento em relação ao ensino-aprendizagem, propondo aos alunos o exercício de cidadania perante as questões ambientais por meio de metodologias desenvolvidas para apoiar a escola em projetos educativos inserindo procedimentos, atitudes e valores no âmbito escolar, tratando o meio ambiente como tema transversal, possibilitando assim, a implantação da educação ambiental nas escolas de forma permanente (MACIEL, 2012).

A educação ambiental como proposta educativa abrange educação formal, que deve estar inserida de forma transversal e interdisciplinar na grade curricular, e realizada no âmbito das instituições de ensino, enquanto a não formal, a qual é destinada á sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais, (BRASIL, 1999). Para Ramos et al. (2015), enquanto tema transversal, esta precisa estar articulada a outras disciplinas, mas também levar em consideração o contexto e peculiaridades locais da comunidade em que a escola encontra-se inserida.

Cavalheiro (2008) enfatiza que alunos do ensino fundamental têm uma grande receptividade a discutir novos temas, dessa forma, a inserção da educação ambiental conduz o educando a uma maior abrangência e anuência de termos que podem auxiliar o desenvolvimento de hábitos que não ocasionem danos ao meio ambiente.

A adoção de atitudes sustentáveis é observada em projetos de educação ambiental voltados para o gerenciamento de resíduos sólidos, os quais tem se mostrado eficiente para a redução de rejeitos encaminhados para os lixões e redução de ambientes insalubres nas escolas (SILVA, 2009).

2.2 Nível de Conhecimentos, Consciência Ambiental, Comportamento por meio de Práticas Sustentáveis

A construção do saber ambiental perpassa diversos aspectos, dentre eles está a conceituação, bem como sua objetividade prática. Este saber emerge de um processo de transformação do conhecimento, o qual impulsiona a busca de novos métodos interdisciplinares, os quais são capazes de integrar-se, desfragmentalizando as percepções fracionárias. Tal interdisciplinaridade propõe uma nova visão do processo de desenvolvimento, a qual possibilite a manifestação de uma concepção voltada para a complexidade da ecologia, uma vez que a mesma constitui “a ciência das inter-relações” (SANTOS, 2016).

Nesse direcionamento, para a mudança de valores e de atitudes com o meio ambiente, visando à proteção da qualidade ambiental do planeta Terra, a Conferência de Tlibisi (1977) realizadas na Georgia (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas -URSS) delibera propostas, definições, objetivos, princípios e estratégias para as atividades de educação ambiental adotadas por vários países do mundo, dentre os quais cita-se três:

a) Conhecimento: para que o ser humano tome consciência do meio ambiente e das inter-relações entre os elementos que compõem, para que possa a partir de reflexões, assumir seu papel enquanto “homem situado”, com criticidade suficiente para modificar a realidade (DIAS, 1997).

Por definição, o conhecimento é:

O produto significativo de um processo psicológico cognitivo (saber) que envolve a interação entre ideias logicamente (culturalmente) significativas, ideias anteriores

(ancoradas) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o mecanismo mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 2000).

Assim, Ausubel (2000) trabalha a aprendizagem significativa, a qual considerar o conhecimento prévio que o indivíduo possui como ponto de partida para um novo conhecimento. Nesse contexto, a aprendizagem ocorre quando a nova informação fixasse-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva da pessoa, ocorrendo um conflito entre o conhecimento antigo e a informação nova, causando a modificação do conhecimento (construção de um novo conhecimento) quando a pessoa encontra significado no que ouve. Dessa maneira, o nível do conhecimento manifesta-se na utilização prática que dele se faz. Assim, pode-se observar em que medida, no seu dia-a-dia, o sujeito emprega o conhecimento aprendido (WERNECK, 2006).

b) Tomada de consciência: para levar os indivíduos e os grupos associados a tomarem consciência do meio ambiente global e dos problemas conexos e se mostrar em sensíveis aos mesmos (DIAS, 1997).

A consciência está comumente relacionada aos questionamentos acerca das ações e interações com o sistema cultural de uma determinada pessoa. Dessa forma, analisa-se os indivíduos tem ou não uma consciência crítica dos seus atos, manifestados através da qualidade ética, estética e moral da sua personalidade (COSTA et al., 2010).

A consciência é definida por BARRETO, 2005 *apud* COSTA et al., 2010 como:

Uma das faculdades inatas, capitais do ser humano, que faculta aptidões tais como a do discernimento, que o possibilita compreender absorvendo, em si mesmo, a natureza real – interna e externa - que reside em todas as coisas, inclusive o valor significativo real das relações.

A tomada de consciência é premissa básica para reconciliar-se, consigo e com o meio do qual é parte integrante, sob a pena de intensificar os problemas socioambientais verificados em todos os níveis e escalas de análise.

Nesse ponto de vista, a consciência ambiental consiste em conceber o ser humano nas suas ações como parte integrante do meio ambiente e que toda intervenção realizada nela deve ser precavida quanto sua subtração ou destruição e preparação para a restituição natural para que não venha afetar si mesmos (SACHS, 1993 *apud* SANTOS, 20016). Assim, a conscientização ambiental em prol de um desenvolvimento sustentável possui fortes raízes na estruturação pessoal perante questões ambientais globais (GUMES, 2005).

c) Comportamento: para induzir nos indivíduos e nos grupos a aquisição do sentido dos valores sociais, um profundo interesse pelo meio ambiente e a vontade de contribuir para sua proteção e qualidade (DIAS, 1997). Nessa linha, por definição o comportamento corresponde às reações de um indivíduo num determinado tempo e lugar (GUARIM, 2002). Almeja-se, portanto, que o indivíduo ao receber conhecimentos, utilize da razão para dominar comportamentos inadequados e se autotransforme em um indivíduo ecologicamente correto, desta forma, teremos uma nova sociedade (SPAZZIANI; GONÇALVES; 2005).

A mudança de comportamento e adoção de práticas ambientalmente sustentáveis é necessário revisar os valores, e as atitudes sob uma nova ótica, mais compromissada, consciente e renovadora (DIAS, 1997). Portanto, a educação ambiental é um agente transformador, por meio do desenvolvimento de habilidades e formação de atitudes, através de uma conduta ética e de valores que conduz a uma convivência harmoniosa com o ambiente e as demais espécies que habitam o planeta, tendo como princípio antropocêntrico a análise crítica (BANDEIRA, 2013).

3. METODOLOGIA

3.1 A Pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida na Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Hilda Mota, no município de Santarém – Pará (Figura 1). A escola atua com ensino fundamental (1º ao 9º ano) nos turnos matutino e vespertino, ensino fundamental (modelo supletivo para a educação de jovens e adultos) noturno. Conta com 57 funcionários (incluído estagiários e terceirizado).

Figura 1. Localização da Escola Municipal Hilda Mota



Para a coleta de dados, aplicaram-se questionários semi-estruturados, contendo perguntas abertas e fechadas (GIL, 2008). As questões tratadas no questionário traziam as seguintes temáticas: conceitos, gerenciamento e impactos ambientais em/ocasionados por resíduos sólidos. Para compor a amostra, escolhemos aleatoriamente 20% dos alunos de cada turma, e seus respectivos pais ou responsáveis, gerando um total 86 participantes. Tais questionários foram aplicados em duas fases distintas: antes (AP) e depois (DP) da implantação do programa de educação ambiental na escola. Os alunos que responderam os questionários levaram um questionário para seus responsáveis (pai, mãe ou responsável), sendo destacada a importância dos mesmos responderem o questionário sem a influência direta dos filhos.

Para análise dos resultados, adotamos nesse estudo como parâmetros avaliados: i) a evolução conceitual e nível de conhecimento quanto à gestão de resíduos sólidos; ii) a mudança da consciência crítica em relação às questões ambientais; e iii) a adoção de práticas mais sustentáveis relacionadas aos resíduos sólidos.

3.2 As Atividades de Extensão

A pesquisa foi realizada no âmbito do Projeto de Extensão Universitária intitulado: "Educação Hortícola: Eixo gerador de segurança alimentar e nutricional, executado na escola do parque em Santarém-PA", com plano de trabalho: "Educação Ambiental: foco na Gestão de Resíduos Sólidos em Escolas Públicas de Santarém - PA", no período de outubro de 2014 a setembro de 2015. O objetivo geral destepautava-se em promover a Educação Ambiental com ênfase no gerenciamento adequado de resíduos sólidos em uma escola no Município de Santarém – PA.

Visando aperfeiçoar o gerenciamento de resíduos na escola, foi elaborado, entregue e apresentado aos funcionários da escola um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) adaptado à realidade local. E construção de duas composteiras na escola. Posteriormente, visando garantir o funcionamento do PGRS proposto, iniciamos na escola um programa de educação ambiental focado para resíduos sólidos, o qual envolveu alunos, professores e funcionários. O programa foi baseado na realização de três oficinas para professores e funcionários, sendo: (i) separação do lixo: importância ambiental e desenvolvimento sustentável; (ii) compostagem: como fazer e como utilizar; (iii) apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da escola. Para os alunos da escola, foi realizado o "I Workshop de Educação Ambiental: conscientizando hoje para garantir o amanhã", com a realização de cinco oficinas: (i) reaproveitamento e reciclagem de resíduos sólidos; (ii) compostagem de resíduos orgânicos no contexto doméstico e aplicabilidade nos domicílios; (iii) coleta seletiva e segregação de materiais; (iv) os R's aplicados aos Resíduos Sólidos: foco na minimização da geração de resíduos; e (v) conscientização ambiental: impactos sociais e ambientais da gestão inadequada de Resíduos Sólidos.

O projeto de educação ambiental teve a participação de 22 voluntários (acadêmicos da UFOPA) que deram suporte às ações do Workshop. Somando-se os alunos e seus respectivos pais, funcionários da escola, e o público das palestras e oficinas, gerou-se um total de 428 pessoas envolvidas diretamente no projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados sobre a evolução conceitual dos alunos e seus responsáveis, apontam o aumento do conhecimento de conceitos ou temas propostos, após (DP) as atividades do programa de educação ambiental, visto que se percebe uma variação positiva das respostas apresentadas sobre o entendimento e aplicação de conceitos de coleta seletiva e compostagem, assim como conhecimento de problemas e ambientais no não gerenciamento de resíduos sólidos, os resultados detalhados podem ser acompanhados no quadro 01.

Os resultados identificados para os alunos, se igualam aos resultados da pesquisa feita por Samuel et al. (2012) em escolas públicas, o qual concluiu que em relação ao processo de aprendizado, houve um crescimento no vocabulário relacionado aos resíduos sólidos e a outros temas ambientais, além de maior entendimento sobre os processos que ocorrem no meio ambiente.

Quadro 1. Resultados da evolução conceitual dos alunos e responsáveis (pais ou responsáveis) em relação ao entendimento e aplicação de conceitos relacionados à temática de resíduos sólidos antes (AP) e depois (DP) do programa de educação ambiental.

Perguntas / conceito abordado	Resposta	Alunos		Responsáveis	
		AP(%)	DP(%)	AP(%)	DP(%)
Você sabe o que é coleta seletiva? / coleta seletiva	Sim	26	60	85	85
Você sabe as cores da coleta seletiva? / coleta seletiva	Sim	16	33	32	60
Sabe o que é a compostagem e para que serve? /compostagem	Sim	5	30	50	75
Você sabe quais são os problemas pela falta de cuidados com o lixo? / problemas sanitários e ambientais	Sim	60	77	80	80

Os resultados com pais ou responsáveis dos alunos, apesar destes não terem participado de nenhuma ação de educação ambiental, apontaram para uma evolução de conhecimento, o que nos leva a entender que os conteúdos tratados durante as ações de educação ambiental foram multiplicados pelos alunos em seus domicílios. Assim, podemos dizer que a educação implementada nas ações, transcendeu o espaço físico, podendo ter sido incorporados também na forma de viver de cada aluno, em demais espaços de sociabilidade, bem como nos seus lares. Desse modo, os resultados sobre a evolução conceitual dos pais estão em sintonia à pesquisa de Ortolan e Neckel (2013), os quais mostram em seus resultados, a influência positiva das práticas pedagógicas de educação ambiental sobre os alunos e seus pais.

No que se refere à mudança de consciência crítica das categorias estudadas, os resultados foram positivos após a realização do programa de educação ambiental. Na categoria alunos, os resultados apresentaram uma tendência positiva para a consciência crítica em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, tendo em vista que a maioria dos alunos mostra-se reflexiva ao observarem o meio ambiente e os dilemas relacionados aos resíduos sólidos, como se observa no Quadro 2.

Os resultados para a consciência crítica nos alunos estudados de maior destaque foram: o entendimento de sua função na segregação de resíduos, passando de 79 % (AP) para 91 % (DP); e a consciência de quando os resíduos não forem gerenciados (bem cuidado) estes são provocadores de doenças, passando de 72 % (AP) para 98 % (DP). Costa e Barreto (2014), ao propor atividades com temas ambientais transversais como a consciência ambiental para alunos, observou a capacidade de articulação dos estudantes com diferentes atores sociais para a proposição de estratégias para mitigação dos problemas ambientais locais. Isto sinaliza o desenvolvimento da autonomia do estudante, com a ampliação da percepção pessoal e visão de mundo. Para o entendimento de essas questões refletem a realidade e o início de uma mudança de consciência crítica, respaldamo-nos em Dias (1997), o qual destaca que o processo de conscientização do ser humano equivale ao despertar para uma nova realidade no qual causará profundas reflexões e mudanças de atitude.

Os resultados para os pais ou responsáveis mais expressivo encontrado nesse estudo, também está relacionado para consciência de que a ausência de gerenciamento de resíduos sólidos (lixo não bem cuidado) é um fator provocador de doenças, passando de 35 % (AP) para 90 % (DP). Consideramos esse resultado demasiadamente importante, uma vez que a partir do conhecimento sobre os conceitos e sobre os impactos que os resíduos causam, aliado a questionamentos críticos é

que a consciência ambiental pode ser construída. A consciência ambiental trata-se, portanto, de uma noção em que o aspecto moral, a possibilidade de autojulgar-se, tem conexões estreitas com o aspecto teórico, gerando a possibilidade de conhecer-se de modo direto e infalível (ABBAGNANO, 1999).

Quadro 2. Resultados para mudança de consciência crítica dos alunos e responsáveis (pais ou responsáveis) em relação ao à temática de resíduos sólidos antes (AP) e depois (DP) do programa de educação ambiental.

Perguntas	Resposta	Alunos		Responsáveis	
		AP(%)	DP(%)	AP(%)	DP(%)
Qual o seu papel nos cuidados com os resíduos?	Queimar	9	5	5	0
	Separar para a coleta	79	91	95	100
	Jogar na rua/rio	7	0	-	-
	Não sabe	5	5	-	-
Em sua opinião, temos que nos preocupar com os resíduos?	Sim	86	96	0	0
	Não	14	4	100	100
Se não cuidarmos bem do lixo, o que pode acontecer para sociedade?	Doenças	72	98	35	90
	Outro	28	2	65	10
Se não cuidarmos bem do lixo, o que pode acontecer para o meio ambiente?	Poluição	88	88	100	100
	Outro	12	12	0	0

Em relação ao comportamento e adoção de práticas mais sustentáveis relacionadas aos resíduos sólidos, observa-se também uma alteração positiva para os resultados antes de depois do programa de educação ambiental, conforme pode ser visto no quadro 03.

Quadro 3. Resultados para mudança de comportamento e adoção de práticas mais sustentáveis em gerenciamento de resíduos sólidos para as categorias estudadas antes (AP) e depois (DP) do programa de educação ambiental.

Perguntas	Resposta	Alunos		Responsáveis	
		AP(%)	DP(%)	AP(%)	DP(%)
Já fez compostagem em casa?	Sim	5	28	5	28
	Não	95	72	95	72
Você joga os resíduos nas lixeiras corretas?	Sim	56	53	60	55
	Não	2	0	10	0
	As vezes	42	47	30	45
Qual a destinação dos resíduos produzidos?	Lixão	49	51	68	60
	Reciclagem de plástico ²	19	35	14	30
	Queima	7	0	9	0
	Compostagem	2	14	9	10
	Não sabe	23	0	-	-
O que fazem com os restos de comida em casa?	Alimentos de animais	51	60	14	9
	Descarte c/demais resíduos	33	14	28	28
	Produção de adubo	16	26	58	56
	Outro	-	-	0	7

Os resultados mais relevantes foram sobre a adoção da prática da compostagem, com incremento de 5 % (AP) para 28 % (DP) para as duas categorias estudadas; quanto à destinação de plástico (reciclagem ou reutilização aumentando de 19 % (AP) para 35 % (DP) para alunos, e de 14 % (AP) para 30 % (DP) para os pais ou responsáveis; a diminuição das taxas de queimas de resíduos de 7 % (AP) para 0 % (DP) para alunos, e de 9 % (AP) para 30 % (DP) para os pais ou responsáveis.

Destaca-se ainda que os melhores resultados para esta variável de estudo estão entre os alunos. Esse resultado nos levam a refletir quanto à eficiência da realização de atividades práticas para a mudança a adoção de práticas, uma vez que, que ao entrar em contato com a atividade o indivíduo

² Garrafas plásticas do tipo PET, são separadas e doadas para pessoas ou empresas que realizam a reciclagem ou reutilização.

assimila melhor o conteúdo proposto, bem como se sente apto a realizar tais atividades. Preceitos estes defendidos por Souza et al. (2013), que destaca que comportamentos ambientalmente corretos devem ser aprendidos na prática, sendo que a escola, pode contribuir significativamente para esse processo através da formação de sujeitos críticos e reflexivos capazes de atuar na complexa realidade socioambiental.

A eficácia desse programa de educação ambiental em resíduos sólidos pode ser comparado aos resultados identificados pelo projeto de educação ambiental desenvolvido em escola em Recanto Feliz e Joaquim de Medeiros do município de Cruz das Almas-BA, onde a prática da compostagem foi possível despertar a atenção dos alunos com relação ao desperdício e a importância de encontrar alternativas criativas e viáveis, que no mínimo, amenizem os impactos ambientais (SOUZA et al., 2003).

Segundo Dias (1997) desenvolver discussões e ações para o desenvolvimento sustentável, almejando a transformação da sociedade em geral, é instigar para a percepção, reflexão, conscientização, questionamentos, respostas por meio de instrumentos que visem à participação consciente e percepção sobre a importância do meio ambiente. A mesma autora ainda discute que para que o ser humano tome consciência do meio ambiente e das inter-relações entre os elementos que o compõem, faz-se necessário adquirir conhecimentos sobre o meio que o cerca, para que possa a partir das reflexões, assumir seu papel enquanto “homem situado”, com criticidade suficiente para modificar a realidade.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que o programa de educação ambiental foi eficiente diante da proposta de promover a educação ambiental para a gestão de resíduos sólidos, visto que houve uma tendência positiva para a assimilação de conceitos sobre o gerenciamento de resíduos sólidos que grande parte do público desconhecia antes do projeto, apontando assim, a aquisição e aumento do nível de conhecimentos relacionados ao tema proposto.

Apesar do curto período (um ano) o projeto de educação ambiental alcançou resultados contundentes na consciência crítica dos atores envolvidos, os quais foram ensinados e incentivados a considerar que fazem parte do meio ambiente, tendo a noção da sua importância para a qualidade de vida das pessoas, e reconhecendo que todos têm direitos e deveres em relação aos resíduos que produzem.

Os resultados apontam que há uma tendência para um comportamento sustentável, tendo em vista que após o projeto de educação ambiental, as pessoas em questão, relataram estarem praticando as ações do gerenciamento de resíduos sólidos que a PNRS estabelece. Assim, evidencia-se a importância da Educação Ambiental no contexto escolar e sua efetividade na busca de cidadãos mais comprometidos com a sustentabilidade ambiental.

REFERENCIAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2015. 92p. Disponível em:<http://www.abrelpe.org.br/noticias_detalle.cfm?NoticiasID=905>. Acessado em: 14 jan. 2017.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Portugal: Ed. Paralelo, 2000.

BANDEIRA, D. P. Práticas Sustentáveis na Educação: interdisciplinaridade através do Projeto Horta Escolar. **Revista de Educação do Cogeime**. V,22, n. 43, 2013.

BRASIL. LEI 9.795, 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 de agosto de 1999.

BRASIL. Lei Federal 12.305/2010 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos**. Altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 3 ago. 2010.

CARVALHO, L. M. A temática ambiental e o processo educativo: dimensões e abordagens. In: CINQUETTI, H.C.S.; LAGAREZZI, A. (Org.). **Consumo e resíduo: fundamentos para o trabalho educativo**. São Carlos, EdUFSCar, p. 19-41, 2006.

CAVALHEIRO, J. S. Consciência ambiental entre professores e alunos da escola estadual básica Dr. Paulo Devanir Lauda. **Monografia**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM- RS), 2008.

CINQUETTI, H. C. S.; LOGAREZZI, A. **Consumo e resíduo: fundamentos para o trabalho educativo**. São Carlos: EduUFSCar. 2006. 216 p.

COSTA, G. C.; BARRETO, D. G. Despertando e desenvolvendo a consciência ambiental na formação do geógrafo-professor. Enquadramento do trabalho no Saber IV: Ensinar a Identidade Terrena. **Revista Científica CENSUPEG**, nº. 4, 2014, p. 95-103. ISSN 2318-1044.

COSTA, G. das C.; BARRETO, D. G.; GOUVEIA, A. T. de A. Uma proposta de transversalidade em um curso de licenciatura em geografia: despertando e desenvolvendo a consciência ambiental. **Anais... XVI Encontro Nacional de geógrafos**. Realizado de 25 a 31 de julho de 2010. Porto Alegre - RS, 2010. ISBN 978-85-99907-02-3.

DIAS, D. M. S. **Enunicações de um educador ambiental: o utópico é possível em educação**. Belém: UFPA. NUMA., 1997. 96p.

DIAS, DANIELA MARIA DOS SANTOS. **Enunicações de um educador ambiental: o utópico é possível em educação**. Belém: UFPA. NUMA, SECTAM, Ministério Público. 1997. 96p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUARIM, V.L.M.S. **Barranco Alto: Uma experiência em Educação Ambiental**. Cuiabá: UFMT, 2002.

GUMES, S. M. L. Construção da conscientização socioambiental: formulações teóricas para o desenvolvimento de modelos de trabalho. **Paidéia**. V, 15, n. 32, 2005.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3 ed. São Paulo. HEMUS, 2004. 270 p.

Macedo, M.A. A. P. T. de; Ramos, M. da C. P. Educação Ambiental e Resíduos Sólidos Urbanos: Caminho para um Futuro Sustentável. **EDUSER: revista de educação**, V.7, n.2, 2015.

MACIEL, M. L. Educação Ambiental e qualidade de vida: uma análise sobre a prática pedagógica de docentes do ensino fundamental na cidade de Belém/PA. **Dissertação de Mestrado**. Universidade da Amazônia-UNAMA. 2012.

MENEZES, C. M.V. M. C. Educação Ambiental: a criança como um agente multiplicador. **MBA em Gestão Ambiental**. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, 2012.

MOTA, A. M. C. R. Metodologia de avaliação da Educação Ambiental no Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal da Bahia. Salvador – BA, 2006.

ORTOLAN, R. A. e NECKEL. A. **Análise comparativa da percepção ambiental de pais e de alunos da Escola Estadual de Ensino médio Ponche Verde, depois de serem trabalhadas as questões ambientais**. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Salvador, BA, 2013.

PEDRINI, A. G.; SILVA, E. R. DA; RIBEIRO, I. C.; LEITE, M. C. A. M.; AGUIAR, M. R. M. P. DE; ROCHA, P. E. D.; GUERRA, R. T. **Metodologias em Educação Ambiental**. (Org) Alexandre de Gusmão Pedrini. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

PEREIRA NETO, J.T. **Gerenciamento de lixo: aspectos técnicos e operacionais**. Viçosa: MG: Ed. UFV, 2007. 129p.

RAMOS.C; VICENTE, Q.; VALENTE, S.; GADELHA, L.; MARTINS, L. Refletindo a dimensão política na educação ambiental no desenvolvimento curricular. **Revista ARETÉ**, v.8, n.1, 2015.

SAMUEL, P. R. S; KOLLER, D. K.; PLATT; F. H.; CAMPANI, D. B. Avaliação do conhecimento de alunos sobre resíduos sólidos e comparação dos resultados obtidos em duas escolas públicas de ensino fundamental. **Anais...do IV Seminário Regional Nordeste de Resíduos Sólidos e 2º Encontro Sergipano de Resíduos Sólidos**. São Cristóvão/SE, 2012.

SANTARÉM. Lei Municipal 19.141, de 17 de dezembro de 2015. **Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos**. Santarém, 2015.

SANTOS, M. C. **Educação Ambiental e políticas Públicas: vivências nas escolas municipais**. Curitiba – PR: CVR, 2016.

SILVA, A. G. Gestão de resíduos sólidos na Escola Estadual Corina de Oliveira e criação de um precedente em Uberaba. 2009. 104 f. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SOUSA, G. S. DE S.; MACHADO, P. B.; SANTOS, A. S. DOS; DIAS, V. B. Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. **Revbea**, Rio Grande, V. 8, No 2:118-130, 2013.

SPAZZIANI, M. L.; GONÇALVES, M. F.C. **Construção do conhecimento**. In: Encontros e Caminhos: Formação de Educadoras (es) Ambientais e Coletivos Educadores. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2005.

WERNECK. V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: O papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio: Aval. Pol. Pública. Educ.**, Rio de Janeiro, v.14, n.51, 2006.

4.3 EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO SOCIOAMBIENTAL COMPARTILHADA: I SEMINÁRIO DO FÓRUM ESTADUAL LIXO & CIDADANIA DE RORAIMA

SOUSA, Rita de Cássia Pompeu de
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-RR)
rita.sousa@embrapa.br

MARQUES, Carolina Soares
Universidade Federal de Roraima (UFRR)
carolinasoaresmarques@hotmail.com

GUIMARÃES, Pedro Vitor Pereira
Universidade Estadual de Roraima (UERR)
pedrovpg@hotmail.com

LOBO, Maria da Conceição Mendonça
Eletronorte-RR
maria.lobo@eletronorte.gov.br

RESUMO

No presente trabalho, relata-se uma prática de educação socioambiental compartilhada e disponibilizada de forma gratuita a sociedade, ocorrida no ano de 2017, no município de Boa Vista, Roraima. Trata-se da execução de um evento multi interinstitucional, ordenado com quatro comitês formados por membros componentes do fórum Estadual Lixo & Cidadania de Roraima, representantes de entidades não governamentais, órgãos públicos municipais, estaduais, federais e empresas públicas. Tinha por objetivo, sensibilizar a sociedade e obter propostas de soluções, relativa à problemática dos resíduos sólidos, incluindo profissionais competentes e qualificados de diversas áreas de atuação e linhas de pesquisa específicas em planos de ações e atividades coordenados pelos parceiros membros do fórum. Avaliado como satisfatório por 87,5 % dos participantes, obteve-se um produto, documento reivindicatório "carta dos catadores de recicláveis" e ainda o comprometimento de todos os atores envolvidos, principalmente a sensibilização e a capacitação. Destarte, é um procedimento metodológico viável e sustentável economicamente.

PALAVRAS-CHAVE: Procedimento metodológico, Resíduos sólidos, Responsabilidade social.

1. INTRODUÇÃO

O Fórum Estadual Lixo & Cidadania - Roraima foi criado em 2013 tendo como natureza caráter permanente de discussão, proposição, sensibilização, e assessoria para a gestão de resíduos sólidos nos municípios do Estado de Roraima segundo os princípios do Programa Nacional Lixo & Cidadania, envolvendo entidades governamentais, não governamentais e de representação social, relacionadas à questão.

Atualmente, vinte (20) instituições participam e apóiam o fórum: Sistema Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB/RR), Companhia de Água e Esgotos de Roraima (CAERR), Ministério Público de Roraima (MPE/RR), Departamento de Vigilância Ambiental (DVA)/Centro Estadual de Vigilância em Saúde (CEVS), SEED, Sebrae, Unirenda, Vigilância Ambiental/SMSA, Funasa, DVA/CGVS, Eletronorte, Centro Universitário Estácio da Amazônia, SMPMA/PMBV, Embrapa, Femahr, Ministério Público do Trabalho (MPT), Conab, Universidade Estadual de Roraima (UERR), Universidade Federal de Roraima (UFRR), Fecomércio, Associação Terra Viva, Associação Global e Comitê de Entidades no Combate à Fome e pela Vida (Coep-RR).

Entretanto, por ser relativamente novo, o fórum enfrenta dificuldades relacionadas a diversas questões, dentre estas, sensibilizar para consciência coletiva de educação ambiental e a problemática dos resíduos sólidos, intrinsecamente ligados à responsabilidade social. Como compartilhar com a sociedade a responsabilidade na gestão de resíduos sólidos?

Vislumbrou-se como primeira solução, a realização de um evento, um congresso, voltado ao Meio Ambiente, proposta apresentada por membro do fórum, representante do Núcleo de Meio Ambiente da Companhia de Água e Esgotos de Roraima - CAER. Cujos objetivos seriam: mobilizar a sociedade e provocar um grande debate sobre os problemas ambientais; buscar soluções a médio e longo prazos em parceria com instituições públicas, setor privado, entidades de classe e municípios; definir metas e prazos para as ações ambientais; orientar e monitorar todas as ações em parceria, formular documento “Carta do Meio Ambiente de Roraima” e cobrar o comprometimento de todos os atores envolvidos.

Nesta vertente a coordenadora atual do fórum, Jucélia Rodrigues, destacou a importância e ressaltou a necessidade de inserção dos catadores de materiais recicláveis de Roraima na formulação de políticas públicas relacionadas ao saneamento.

Colocado em votação a proposta de solução apresentada pelo membro da CAER, acrescentou-se por outro membro do fórum, a necessidade de simplificação da temática e elaboração de um projeto, com vistas ao planejamento organizacional do evento, o qual foi denominado, como I Seminário do fórum estadual lixo & cidadania de Roraima: Meio ambiente e Saneamento, aprovado por todos presentes e registrado em ata da última reunião ordinária, realizada no dia 26 de setembro de 2016.

Com prazo para fechamento dos lixões chegando ao fim, as prefeituras têm até 2018 para planejar rapidamente a solução do manejo e implementar políticas sérias. Com isso, o I Seminário do Fórum Estadual Lixo e Cidadania - Meio Ambiente e Saneamento, de acordo com a coordenadora atual do Fórum, Jucélia Rodrigues, participante pelo Sistema OCB/RR (Sindicato e Organização das Cooperativas em Roraima), pretende ajudar nas discussões e na formatação dos Planos de Resíduos Sólidos, além de cumprir o que determina a Lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

“Vamos discutir a implantação, de uma vez por todas, do Plano de Resíduos Sólidos de cada município. Quais os desafios da criação dos Aterros Sanitários? O que inclui a coleta seletiva como uma das soluções, o cuidado com a água e o meio ambiente. O roraimense não pode mais ser alheio a esse problema. Os prefeitos, os gestores, a dona de casa, o produtor rural, ou seja, todo mundo é responsável por isso”, conclamou a coordenadora atual do Fórum em entrevista ao jornal folha de Boa Vista (Folha Web, 2017).

Os catadores de materiais recicláveis são peças-chaves do seminário. No fórum, eles poderão trazer propostas que serão apresentadas aos gestores de todos os poderes. Essa participação é de grande importância no manejo, não só dos resíduos sólidos, mas também da água e do meio ambiente em geral”, afirmou a coordenadora do fórum em entrevista dada em jornal online (BNC, 2017)

Assim, no presente trabalho tem-se por objetivo relatar uma situação natural de educação socioambiental compartilhada, experiência bem sucedida proposta a partir de um projeto, elaborado e apresentado a todos por membro representante da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em reunião ordinária do fórum.

Justifica-se a presente proposição, por ter possibilitado aos membros de diferentes instituições componentes do fórum a construção social de conhecimentos e valores, desenvolvimento de habilidades e atitudes a partir de suas próprias experiências para execução de um evento. Neste caso, o I Seminário do Fórum Estadual Lixo & Cidadania de Roraima: Meio ambiente e Saneamento, que teve como objetivo geral a sensibilização da sociedade e obtenção de propostas de soluções, relativa a problemática dos resíduos sólidos.

Nesse sentido, foram definidos e apresentados os seguintes objetivos específicos, a serem alcançados, para execução do projeto: a) estabelecer e implementar toda a programação operacional e técnico-científica para o evento; b) firmar parcerias institucionais e privadas para apoio operacional e logístico ao evento; c) planejar, executar e divulgar atividades relacionadas a comunicação e marketing do evento; d) Avaliar os trabalhos científicos, elaborar e publicar os anais do evento; e) certificar todos os participantes do evento.

E posteriormente, finalizado o evento, a proposição de uma reunião geral, com todos os participantes, visando reunir, avaliar e discutir os resultados obtidos fundamentando-se no termo Due Diligence (MMA, 2016, p.25) utilizado para avaliar as questões relativas ao Tema Central de Direitos Humanos, encaminhando possíveis re-direcionamentos, quando for o caso. Bem como, a divulgação para os mais diversos públicos alvo.

"Due Diligence é um processo abrangente e pró-ativo para identificar os impactos sociais ambientais e econômicos negativos, reais e potenciais, das decisões e atividades de uma organização ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto ou atividade organizacional, visando evitar ou mitigar esses impactos" (MMA, 2016, p.25).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação estabelecida neste estudo para as tratativas inerentes a consciência coletiva de educação ambiental e a problemática dos resíduos sólidos diz respeito aos pontos centrais, responsabilidade compartilhada e responsabilidade social, definidos para apresentação do presente

trabalho, relato de experiência. Para tanto, tomou-se por base publicações referentes aos últimos 5 anos. Abaixo, apresentam-se alguns conceitos e questões relativos a temática.

A responsabilidade compartilhada faz dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana, e de manejo de resíduos sólidos, responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos (MMA, 2012, p.26).

Já a Responsabilidade Social tem um conceito dinâmico, segundo MMA (2016), diretamente relacionado às expectativas e às necessidades da sociedade, e ao modo como respondemos às conseqüências de nossas atitudes e aos impactos que causamos aos indivíduos ou grupos, bem como ao ecossistema.

“É a responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, por meio de um comportamento ético e transparente que: contribua para o desenvolvimento sustentável, inclusive para a saúde e o bem-estar da sociedade; leve em consideração as expectativas das partes interessadas; esteja em conformidade com a legislação aplicável; seja consistente com as normas internacionais de comportamento e esteja integrada em toda a organização e seja praticada em suas relações.” (Adaptado da ISO 26000 e ABNT NBR 16001 por MMA (2016).

É cognominada por outros nomes, como: Responsabilidade Social Corporativa, Responsabilidade Social Empresarial, Responsabilidade Socioambiental, Responsabilidade Social e Cidadania Empresarial, Responsabilidade nos negócios, Responsabilidade social e Sustentabilidade (MMA, 2016).

Neste contexto, a utilização de ferramentas tecnológicas e metodológicas de cunho educacional, como por exemplo, seminários são de grande utilidade, atuando como facilitadoras para o cumprimento de responsabilidade social e compartilhada por parte do fórum, e conseqüentemente as instituições vinculadas a este.

De acordo com Rodrigues, Cunha e Bruno (2015, p.10) o seminário, como prática de ensino-aprendizagem, demonstrou ser uma estratégia eficaz, pois estimula a relação interpessoal e dinamiza o processo de aquisição de novos conhecimentos, sendo necessários alguns cuidados na elaboração da apresentação e abordagem dos conteúdos temáticos, pontos fundamentais para êxito total. Segundo, Rodrigues, Cunha e Bruno, (2015, p.10) são os seguintes:

A elaboração da apresentação exige a interação coletiva dos integrantes na tomada de decisão, com base no pensamento crítico, na pluralidade do conhecimento e no respeito mútuo. A abordagem dos conteúdos temáticos demanda domínio do saber, habilidade na comunicação, clareza e objetividade na linguagem, tranqüilidade na interação com o próximo, construção e partilha de conhecimento, consideração à opinião divergente e adaptações às ações coletivas (RODRIGUES, CUNHA E BRUNO, 2015, p.10).

Principalmente, porque "As decisões que envolvem o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos requerem a integração entre políticas econômicas, sociais e ambientais" (GOUVEIA, 2012, p.1509). Os catadores de materiais recicláveis, grupo de trabalhadores segundo Gouveia (2012, p.1507) vem atuando de maneira informal ou organizada em cooperativas e, mesmo antes da definição de políticas públicas claras para a gestão de resíduos no país, vem realizando um trabalho de grande

importância ambiental. Nesse caso a metodologia de conferências é a mais indicada e utilizada para discussões em torno de políticas públicas para diversos temas.

A conferência valoriza a discussão da pauta e a contribuição das representações e dos demais participantes das comunidades. Além disso, permite a utilização de dinâmicas para o debate, e cria oportunidades para soluções e para a construção de pactos como resultado da somatória de interesses e necessidades de todos os participantes (MMA, 2012, p.32).

De acordo com Tavares (2014) apesar do grande número de catadores de materiais recicláveis e de sua importância social, trata-se de uma categoria cuja relação com os setores públicos, ainda evidencia necessidades de avanço na articulação e no planejamento para construção de políticas públicas capazes de garantir direitos sociais. Portanto no presente trabalho, valoriza-se e agrega-se alguns requisitos metodológicos próprios da conferência as técnicas utilizadas para aplicação de seminário composto de práticas educativas. Não esquecendo o seguinte:

"A gestão coletiva nas organizações de catadores deve ser o principal objetivo das políticas públicas a serem implementadas, fazendo a luz do que tem defendido o Movimento Nacional de Catadores, com que os indivíduos que exercem essa atividade tão estigmatizada e desvalorizada, possam sentir-se sujeitos de direitos e lutem pelos seus direitos sociais" (TAVARES, 2014, p.9).

"As práticas educativas voltadas para o ambiente ganharam destaque e têm sido valorizadas ao longo dos últimos 20 anos. É possível notar o crescimento, o dinamismo e a demanda de trabalho nessa área" (REIS; SEMÊDO; GOMES, 2012, p.48).

"O crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras gerou uma crescente degradação das condições de vida, o que impõe uma reflexão necessária e o enfrentamento de desafios para mudar as formas de pensar e agir em torno dos problemas emergentes" (REIS; SEMÊDO; GOMES, 2012, p.49).

3. METODOLOGIA

A situação natural de educação socioambiental compartilhada foi iniciada, partir da necessidade de viabilização e execução do projeto aprovado no mês de setembro do ano de 2016, pelos membros representantes das instituições no fórum. Pela sua complexidade e diversidade de atividades, o mesmo foi composto e distribuído em planos de ações e atividades, sendo coordenados pelos parceiros membros do fórum e executadas de forma multinterinstitucional, incluindo profissionais competentes e qualificados de diversas áreas de atuação e linhas de pesquisa específicas.

A gestão do projeto ficou a cargo do coordenador do fórum e responsáveis pelos planos de ação, constituindo o grupo gestor. Esta incluía o gerenciamento e acompanhamento das atividades, elaboração de relatórios, distribuição de recursos, acompanhamento da obtenção dos resultados, entre outras conforme cronograma definido.

Quatro comissões foram definidas para organização e implementação do projeto. A primeira comissão ficou responsável pela coordenação e elaboração de toda a programação do evento, dias e horários do evento, proposição de palestras e palestrantes, incluindo as oficinas e visitas técnicas. A segunda comissão ficou responsável pela captação de recursos e parceiros institucionais e privados para

apoio logístico ao evento, como disponibilização/patrocínio de local para o evento, cerimonial, *coffee-break*, transporte e hospedagem dos palestrantes, equipamentos audiovisuais e de informática logística do evento, pastas, crachás, material de divulgação, dentre outros.

Já a terceira comissão ficou responsável pela coordenação e execução das atividades relacionadas à comunicação e marketing. Trata-se do layout do evento, gráfica e orçamentos para impressão de peças. E ainda pela equipe de assessoria de imprensa do evento que fará a divulgação por meio de *press releases* e agendamento de entrevistas. A quarta e última denominada comissão científica ficou responsável pela organização/implementação de indicadores para avaliação técnica do evento e trabalhos em exposição. Bem como, emissão de certificados, elaboração e publicação dos anais do evento.

Cada comissão supracitada ficou responsável pela elaboração e coordenação de seu respectivo plano de ação, conforme modelo estabelecido no projeto, e atividades em consonância com as demais. Estes complementaram e viabilizaram a execução propriamente dita do evento proposto, I Seminário do Fórum Estadual Lixo e Cidadania - Meio Ambiente e Saneamento, no mês de março de 2017, com carga horária de 12 horas, divididas em seis horas por dia. Assim, a partir da situação natural de educação socioambiental compartilhada totalmente estabelecida, foi definida a data de realização do evento ocorrido nos dias 20 e 21/03 de 2017, a partir das 13h30, no auditório Alexandre Borges da UFRR em Boa Vista, Roraima.

Para o primeiro dia do seminário foram planejadas e organizadas pelas comissões, palestras informativas, educacionais e de sensibilização e salas temáticas de discussão, tendo como temas: A Política Pública e os Desafios da Gestão de Saneamento, O Ambiente e sua Relação com a Saúde-Doença. Num segundo momento, foram estabelecidos debates com mesas redondas sobre diversos temas relacionados à problemática resíduos sólidos.

O segundo dia, também, foi planejado com palestras relacionadas aos seguintes temas: Monitoramento e Qualidade da Água de Roraima e Toxicologia Ambiental – Um Olhar para os Riscos Ambientais, Os Desafios da Implantação e Gestão dos Aterros Sanitários, Coleta Seletiva e Reciclagem, acrescentado de visitas técnicas e apresentações de casos reais aplicados na Amazônia. A primeira na Associação de Catadores Terra Viva para os participantes terem a oportunidade de conferir como é feito o manejo adequado do lixo; e outras duas na Estação de Tratamento de Água (ETA); e no Campo de Agronegócio na Faculdade Estácio, seguidos por debates sobre as temáticas propostas. Sendo finalizado com apresentação de carta reivindicatória, elaborada nas salas temáticas de discussão, para encaminhamento as autoridades competentes.

Paralelo à programação do evento foram organizadas exposições: dos Catadores de resíduos; de artesãos que trabalham com material reciclável; pesquisas científicas das instituições superiores de ensino; unidade de Controle de Qualidade da Água; o ponto de coleta de óleo de fritura – uma Campanha da CAERR com o projeto “De olho no óleo”.

Os resultados obtidos foram compilados de um formulário de avaliação com questões relativas ao evento, encaminhado a todos participantes presentes no último dia do evento, sendo a partir destes, preparado um relatório de reação contendo avaliação global da ação educacional, pontos fortes, comentários abertos relativos a críticas, sugestões e elogios. E ainda, por meio de registros fotográficos e extração de informações em sites online.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a primeira vez do tipo de evento proposto, e a capacidade do espaço reservado, 160 pessoas, vagas completadas com realização de inscrição prévia, verificou-se uma grande demanda de pessoas de origem diversas, interessadas pelas temáticas propostas (Quadro 1), no primeiro dia do evento. Pelo menos 220 pessoas participaram do seminário. Houve grande repercussão nas principais emissoras de televisão e em pelo menos dezessete (17) sites online (Quadro 2).

Quadro 1. Programação do I seminário do fórum estadual lixo e cidadania de Roraima: meio ambiente e saneamento

<p>1º DIA – 20/03/17 (Segunda-feira)</p> <p>Local: Auditório Alexandre Borges – UFRR</p> <p>13h30 - Credenciamento e entrega de kit's 14h - Apresentação Cultural 14h30 -Abertura</p> <p>Palestras: 15h – Tema: A Política Pública e os Desafios da Gestão de Saneamento 16h20 – Debate 16h50 – Intervalo (15 min) 17h05 – Tema: O Ambiente e sua Relação com a Saúde-Doença 18h– Debate 18h30 – Grupos de Trabalho: Sala 1 - Resíduos Sólidos: Os Desafios da Implantação e Gestão dos Aterros Sanitários nos Municípios Sala 2- Gestão e Saúde Ambiental: Desafios e Perspectivas / Água para o Consumo Humano 19h30 - Encerramento</p> <p>2º DIA – 21/03/17 (Terça-feira)</p> <p>Local: Auditório da UFRR – Alexandre Borges</p> <p>14h – Recepção dos participantes</p> <p>Palestras: 14h30 – Tema: Monitoramento e Qualidade da Água de Roraima 15h10 – Debate 15h40 – Tema: Toxicologia Ambiental – Um Olhar para os Riscos Ambientais. 16h00 – Debate 16h30 – Intervalo (15min) 16h45 – Tema: Os Desafios da Implantação e Gestão dos Aterros Sanitários, Coleta Seletiva e Reciclagem.</p> <p>Apresentação do Projeto de Reciclagem de Resíduos de Construção</p> <p>Apresentação dos Representantes das Organizações de Catadores de Resíduos Sólidos:</p> <p>18h45 – Debate 19h15 – Apresentação da Carta do Seminário do Fórum Estadual Lixo e Cidadania de Roraima – Meio Ambiente e Saneamento - Representante dos Catadores de Resíduos Sólidos 19h30 - Encerramento</p> <p>Informações pelo email: forumlixocidadania@hotmail.com</p>

Quadro 2. Repercussão da ação educacional em sites *online*

Número	Endereço eletrônico dos sites
1	g1.globo.com/rr/roraima/...roraima/.../forum-lixo-e-cidadania...rr.../...
2	www.folhabv.com.br/noticia/-Forum-discute-formatacao-dos-Planos...RR/26576
3	roraima.bncamazonia.com.br/.../forum-insere-catadores-na-discussao-de-politicas-nar
4	www.rr.gov.br/site/index.php?governoderoraima=noticias_ver&id=4826
5	gsan.caer.com.br/imprimir.jsp?id=627
6	https://www.mprrr.mp.br/.../slug:residuos-solidos-mprrr-discute-necessidade-de-transna
7	fontebrasil.com.br/fonte/noticias/16210/
8	www.abes-sp.org.br/forum-lixo-e-cidadania
9	www.prt9.mpt.mp.br/informe-se/foruns/lixo-e-cidadania-maringa
10	lixoecidadaniabh.org.br/o-forum/
11	www.coepbrasil.org.br/portal/Publico/visualizarNewsletter.aspx?ID=133
12	roraimaemtempo.com/coluna-social-11-03-2017/
13	informepopular.com/noticias.php?site_id=9093&pagina_id=157853...id...
14	mendesross.blogspot.com/2012/07/empresa-mendes-ross-participa-do-i.html
15	www.abes-rs.org.br/felc-rs/Conquistas,%20Desafios%20e%20Perspectivas.doc
16	www.boavista.rr.leg.br/single-post/2015/04/17/Reunião?fb_comment_id...
17	www.abes-df.org.br/upload/artigo/2015.../boletim-abes-df-edicao-1-volume-1.pdf

Cento e umas pessoas (101) permaneceram e participaram ativamente até o final da programação, representando 63 % dos inscritos previamente para o evento (160). A partir destes, apresentam se abaixo, resultados em percentuais médio obtidos na avaliação global da ação educacional (Tabela 1). Bem como, comentários abertos relativos a ação educacional: críticas, sugestões e elogios (Quadros 3 e 4).

Tabela 1. Avaliação global da ação educacional

Item	Descrição	%
1	Os objetivos específicos do seminário foram atingidos.	90,2
2	Os palestrantes demonstraram domínio do conteúdo ministrado.	92,0
3	Os palestrantes demonstraram clareza na transmissão dos conteúdos.	91,4
4	Os palestrantes abordaram conteúdos atualizados.	92,2
5	A Escolha dos recursos audiovisuais foi adequada ao conteúdo.	77,6
6	A carga horária foi suficiente para a programação.	81,6
7	Os horários foram cumpridos.	83,2
8	O local de realização do Seminário foi adequado.	88,4
9	O desempenho da Coordenação do Evento foi adequado.	91,0

Dos nove itens avaliados pelos participantes (Tabela 1), verificou-se que os resultados variaram de 77,6 a 92, 2 %, sendo respectivamente, relacionados a escolha dos recursos audiovisuais e abordagem de conteúdos atualizados. Destacou-se como pontos fortes, acima de 90 %, o desempenho geral dos palestrantes (91,9%) e da coordenação geral do evento, planejamento, divulgação, e assistência à execução (91%). Numa média geral, obteve-se 87,5 %, valor considerado satisfatório, tendo em vista os imprevistos ocorridos, que por sua vez receberam automaticamente em torno de trinta e quatro (34) críticas e sugestões de melhorias, agrupadas e relacionadas no Quadro 2, as quais servirão de base para organização do II seminário a ser realizado em 2019. Bem como as sugestões de temas recebidos, em torno de sessenta (61) itens agrupados no Quadro 3.

Quadro 3. Críticas e sugestões de melhoria recebidas em decorrência dos imprevistos ocorridos no evento

No	Descrição
1	As informações de locais e horário poderiam ser melhores; Não foi amplamente divulgado; Quando fizer a divulgação colocar endereço da inscrição visível nos jornais escritos; Tive dificuldade em me inscrever pela falta de mais informações na divulgação; Divulgar o evento com mais antecedência; Melhorar a divulgação, por panfletos entregues antes do evento.
2	Cumprir os horários.
3	Dificuldade para ouvir; A não garantia de espaços de fala aos participantes durante o intervalo;
4	Espaço mais amplo, devido à quantidade de pessoas que participaram que foi excelente; Boa participação da sociedade; Espaço pequeno para <i>coffee-break</i> ; Mais espaço para realização do evento; Procurar um local mais adequado para realizar esse tipo de evento, para receber um maior número de pessoas.
5	Essencial fazer palestras em prol dos mais necessitados.
6	Faltou apresentação de grupos culturais no evento.
7	Faltou nivelamento para as oficinas e grupos de trabalho.
8	Falta de inclusão de trabalhos acadêmicos da UFRR.
9	Intervalo e lanche mal organizados; O local para o intervalo do evento era pequeno para demanda;
10	Microfone cortando o som; Falta de suporte técnico de áudio; Microfone que falhou desde o primeiro dia, isso encurtou o tempo para a discussão; Pequenas falhas no áudio, necessidade de um espaço mais amplo; Faltou o operador de áudio.
11	Maior participação de gestores, prefeitos e secretários de saúde.
12	O público presente no seminário não tem apenas perguntas. Poderiam ser abertas possibilidades de intervenções.
13	Sem material para todos.
14	Ter mais tempo e palestras; Tempo muito corrido para as apresentações e muito superficial; Pautas muito intensas para o pouco tempo de apresentação e debates; Mais tempo para cada palestrante; Ampliar os espaços de debates nas mesas; O tempo poderia ser mais ampliado, talvez três dias.
15	Trazer a educação do desafio da gestão escolar à luz dos temas abordados.

Quadro 4. Sugestões de temas recebidos para realização do próximo evento

Item	Temas
1	A educação ambiental para um mundo melhor.
2	A importância da coleta seletiva.
3	Abordagem sobre água, lixo e solo; água e saúde; Água e meio ambiente.
4	Aplicação de trabalhos acadêmicos para alunos da UFRR.
5	Aprofundamento em termo de dados referentes a toxicologia.
6	Aproveitamento maior da comunidade científica que desenvolve seus trabalhos no estado.
7	Área de proteção permanente em Roraima.
8	Atuação em situações de emergências.
9	Clima e estiagem na Amazônia.
10	Coleta seletiva em casa.

11	Condições de trabalho para dos catadores.
12	Contaminação do ambiente pela disposição inadequada de resíduos sólidos.
13	Debate sobre a erradicação do lixo em ampla abrangência.
14	Debates sobre as queimadas que ocorrem todos os anos nos lavrados do Estado.
15	Degradação por extração de minérios.
16	Descarte adequado de medicamentos.
17	Desmatamento da Amazônia; Desmatamento em Roraima.
18	Destino dos resíduos na capital de Boa Vista-RR.
19	Ecossistemas de Roraima.
21	Educação ambiental nas escolas; Educação ambiental.
22	Educação no geral, educação ambiental e desmatamento; Educação, cidadania, urbanização.
23	Educação/projeto formal e não formal.
24	Energia renovável.
25	Energia solar, agricultura familiar, meios de realizar agricultura em casa.
26	Escassez de água em Roraima.
27	Esgoto, saneamento básico e legislação ambiental.
28	Estratégias para minimizar resíduos.
29	Estudos dos resíduos gerados no estado, sobre saneamento básico.
30	Catadores.
31	Gestão do aterro sanitário.
32	Mais palestras sobre os dois eixos: lixo e qualidade de vida
33	Resíduos sólidos.
34	Manejo dos resíduos orgânicos.
35	Manejo e criação de animais peçonhentos, extração e fabricação de soros e antídotos.
36	Meio ambiente.
37	Monitoramento e qualidade da água.
38	Morte por suicídio em Roraima, quais as causas?
39	O destino final dos resíduos sólidos.
40	Outros eventos deste gênero.
41	Políticas públicas voltadas para os resíduos sólidos.
42	Políticas sociais no estado de Roraima.
43	Porque a internet é tão precária em Boa Vista- RR.
44	Quais os prejuízos causados no lavrado com a plantação de soja.
45	Queimadas no Estado de Roraima.
46	Queimadas.
47	Reciclagem de papel.
48	Resíduos do serviço da saúde.
52	Resíduos orgânicos e resíduos de construção;
53	Resultados obtidos com a implementação da coleta seletiva em Roraima.
54	Rio branco do Estado de Roraima.
55	Retomar temas abordados neste evento.
56	Saneamento básico, agrotóxico e exportação de alimento.
57	Sobre o alto índice de acidentes e o porque.
58	Sobre saúde pública.
59	Toxicologia.
60	Turismo e suas possibilidades; Turismo no estado de Roraima.
61	Turismo em áreas indígenas, atividades econômicas em áreas indígenas

Ações e práticas educativas voltadas para a conscientização coletiva sobre as questões ambientais e à sua participação na defesa do ambiente são conhecidas segundo Reis, Semêdo e Gomes, (2012, p.51) como educação ambiental em nível não formal. Caso do procedimento metodológico aplicado para realização do presente evento, compartilhamento de ações e atividades com diversificadas instituições.

Os poderes públicos devem incentivar a difusão de campanhas educativas e informações relacionadas ao ambiente, à participação das empresas públicas e privadas, meios de comunicação, empresas, ONGs, escolas e sociedade na

formulação, execução e desenvolvimento de programas e atividades vinculadas com a educação ambiental não formal. (REIS, SEMÊDO E GOMES, 2012, p.48).

Obteve-se satisfatoriamente a parceria e apoio de diferentes tipos de empresas estabelecidas em Roraima, como: Forbrás, Rural Fértil, Sistema FAERR/SENAR, RC Engenharia, Garden Shopping, Eco Hotel, Grupo Perin, Sabão Glória e STIU/RR. Bem como, a mobilização da sociedade e provocação de um grande debate sobre os problemas ambientais. Soluções a médio e longo prazos em parceria com instituições públicas, setor privado, entidades de classe e municípios; definição de metas e prazos para as ações ambientais; orientação para monitoramento de todas as ações realizadas em parceria; documento reivindicatório “Carta dos catadores de recicláveis” ao poder público municipal de Boa Vista-Roraima (Quadro 4) e ainda o comprometimento de todos os atores envolvidos. O referido documento foi um produto gerado por membros participantes do seminário e do grupo de trabalho, que teve como tema impulsionador: Os Desafios da Implantação e Gestão dos Aterros Sanitários, Coleta Seletiva e Reciclagem.

No documento reivindicatório, foi relatado que o I Seminário do Fórum Estadual Lixo e Cidadania do Estado de Roraima concretiza-se como espaço de discussão e proposição das inúmeras reivindicações dos diversos setores da sociedade, em especial as entidades de catadores, que de alguma maneira, se preocupam com as variáveis que permeiam a problemática dos Resíduos Sólidos gerados em todos os municípios do nosso estado. Informa-se que o tratamento dado aos materiais descartados no pós-consumo, diz respeito não só aos gestores dos municípios, como também aos verdadeiros protagonistas em realizar atividades de triagem e catação dos materiais descartados. Essas atividades são efetivadas em nosso estado, quase em sua totalidade, por entidades como cooperativas e associações, que mesmo não dispendo de uma política sistematizada de fomento e incremento das atividades de encaminhamento de recicláveis para uma destinação final ambientalmente adequada, lidam no dia a dia com inúmeros empecilhos, que de certa forma dificultam o processo como um todo.

No documento é relatado que, a integração dos catadores de materiais recicláveis consiste em uma ação estratégica para a destinação final dos materiais recicláveis, dentro da Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Nos últimos anos, essas entidades em particular, trilham caminhos de superação das condições degradantes de trabalho, as quais os catadores encontram-se até o presente momento. Essa situação, em particular no município de Boa Vista, é de conhecimento da gestão pública através das cartas encaminhadas pelo Fórum Lixo Cidadania, nos anos de 2015 e 2016. Consta ainda que, as atividades de triagem e catação nos municípios, protagonizadas pelos catadores, estão negligenciadas pelos gestores municipais, que insistem em não incluí-los como operadores da atividade recicladora no Estado. Verifica-se apenas as condições insalubres de trabalho desses trabalhadores, que desenvolvem suas atividades laborais de catação e triagem nos locais mais inóspito que se possa imaginar.

De acordo com o relator do presente documento, superar todas as adversidades supracitadas não parece ser tarefa fácil. As proposições reivindicatórias listadas (Quadro 4), representam o que se pode chamar de ações efetivas, que possibilitariam melhorias nas atividades dessas entidades as quais representam centenas de famílias e tem nessa atividade econômica e ambiental, única e exclusiva fonte de renda. No Censo Demográfico de 2010 constatou a existência de 387.910 pessoas em todo o território brasileiro que se declararam catadoras e catadores como sua ocupação principal, sendo a Região Norte detentora do menor contingente, 21.678, representando 5,6% do total (SILVA, GOES; ALVAREZ, 2013, p 44). Assim, considera que seja mais fácil o atendimento das reivindicações listadas no Quadro 5.

Quadro 5. Reivindicações contidas na “Carta dos catadores de recicláveis” ao poder público municipal de Boa Vista-Roraima

- 1- Implantação e Efetivação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios do Estado de Roraima (Lei. 12.305/2010);
- 2- Implantação e efetivação da Coleta Seletiva nos municípios de Roraima, tendo como norte, legislação específica de Coleta Seletiva municipal, elaborada com a participação das entidades de catadores de matérias recicláveis;
- 3- Estabelecimento de metas para a efetivação dos objetivos da Lei 12.305/2010, como a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- 4- Garantir a participação efetiva da sociedade, em especial das entidades (cooperativas e associações) de catadores de recicláveis, na discussão, elaboração e sistematização das ações propostas no Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS e nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos PMGIRS;
- 5- Discutir dentro do Fórum lixo e Cidadania, a política de logística reversa e o acordo setorial de embalagens a ser implementada no estado de Roraima;
- 6- Estabelecer medidas de redução dos custos de operacionalização dos Aterros Sanitários, redirecionando-os ao fomento das entidades de catadores de recicláveis;
- 7- Realocação dos catadores que permanecem dentro dos lixões nos municípios de Roraima, com medidas pautadas na inclusão social, geração de trabalho e renda;
- 8- Disponibilizar linhas de financiamento para aquisição de equipamentos de proteção individual (EPI) e coletivo (EPC), máquinas, transporte, prensagem e acondicionamento dos materiais recicláveis recolhidos;
- 9- Garantir a disponibilização dos recursos do fundo estadual e municipal do meio ambiente, para a melhoria das ações desenvolvidas pelas entidades de catadores de materiais recicláveis;
- 10- Disponibilizar pontos (área central e bairros) de entrega voluntária de materiais recicláveis, com encaminhamento as entidades de catadores;
- 11- Priorizar a inclusão das entidades, devidamente organizadas, nos processos de contratação com dispensa de licitação para gerenciamento dos resíduos sólidos domésticos, de acordo com a lei 11.445 de 2007;
- 12- Solicitar ao MPE – RR, o encaminhamento das discussões e proposições, referentes à implementação da logística reversa a nível estadual, convocando todos os seguimentos ligados ao setor (geradores e catadores para construção de uma agenda);
- 13- Disponibilizar suporte técnico, com aval das entidades, em todas as etapas de formalização e operacionalização;
- 14- Isenção da cobrança de ICMS às entidades de catadores na comercialização dos materiais recicláveis;
- 15- Garantir assento às entidades nos conselhos municipais e estaduais de meio ambiente;
- 16- Garantir a destinação dos resíduos gerados nos órgãos públicos, nas esferas federal, estadual e municipal, que destinem os materiais descartados às entidades de catadores, nos moldes do decreto federal nº 5.940;
- 17- Rejeitar qualquer proposta de tratamento dos resíduos sólidos domiciliares coletados pelos municípios, que usem como técnica de disposição final a incineração.

5. CONCLUSÕES

A ação de educação socioambiental compartilhada, avaliada como satisfatória pelos participantes, é um procedimento metodológico viável e sustentável economicamente. Facilita o cumprimento da Responsabilidade socioambiental das instituições na minimização das problemáticas tratadas, principalmente a sensibilização e a capacitação, podendo ainda ser replicado por outros atores sociais para atendimento de outras demandas da sociedade.

REFERÊNCIAS

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n.6, p.1503-1510, 2012.

BNC - BRASIL NORTE COMUNICAÇÃO RORAIMA. **Fórum insere catadores na em debate sobre resíduos sólidos**. 2017. Acesso em maio 2017. Disponível em <http://roraima.bncamazonia.com.br/>

LIMA, C. R.; SEMÊDO, L. T. A. S.; GOMES, R. Conscientização Ambiental: da Educação Formal a Não Formal. **Revista Fluminense de Extensão Universitária**, Vassouras, v. 2, n. 1, p. 47-60, jan/jun., 2012

MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE ICLEI - **Brasil Planos de gestão de resíduos sólidos**: manual de orientação. Brasília, 2012.

MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE - MMA. **Compreendendo a Responsabilidade Social – ISO 26000 E ABNT NBR 16001** (Cartilha). ed. Brasília, DF, 2016. 44p. Acesso em maio 2017. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/cartilha_compreendendo_a_responsabilidade_social.pdf

RODRIGUES, F. R. A.; CUNHA, G. A. A.; BRUNO, R. C. Seminários temáticos como estratégia interdisciplinar de aprendizagem e desenvolvimento de competências em formação avançada enciclopédia biosfera. **Centro Científico Conhecer**, v. 11, n.20, p. 761- 771, 2015.

SILVA, S. P., GOES, F. L., ALVAREZ, A. R. Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável –Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, ed. Brasília, DF 2013, 66p.

TAVARES, G.O. **Relato de experiência. As políticas públicas para catadores**: A experiência com o engenho do lixo. p.9. 2014. Acesso em maio 2017. Disponível em <http://biblioteca.participa.brb/jspui/bitstream/11451/1037/1/186%20Relatodeexperiencia.pdf>

4.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E CONCIENTIZAÇÃO SOBRE COLETA SELETIVA EM ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE PICOS - PI

CRUZ, Pâmella Laysa Moura

Universidade Estadual do Piauí (Campus Picos/ UESPI)
pamellalaysa2015@gmail.com

SOUSA, Kássia Marilene

Universidade Estadual do Piauí (Campus Picos/ UESPI)
kassia_marilene@hotmail.com

RODRIGUES, Maria das Dores Martins

Universidade Estadual do Piauí (Campus Picos/ UESPI)
dorinhamrodrigues@outlook.com

CLEMENTINO, Cintia de Souza.

Universidade Estadual do Piauí (Campus Picos/ UESPI)
cynthia.bio@hotmail.com

RESUMO

Uma das maiores preocupações ambientais da atualidade está relacionada à produção crescente e acúmulo de resíduos sólidos, gerados principalmente pelo hábito consumista e desenfreado da população mundial. Neste contexto, surge o problema de pesquisa: Qual a percepção dos alunos em três escolas do município de Picos – PI, em relação aos resíduos produzidos em suas residências. Esta pesquisa teve como objetivo observar o grau de conhecimento dos alunos sobre a coleta seletiva e orientá-los para a separação correta dos resíduos. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira foi feita por meio da aplicação de questionários afirmativos e a segunda através da realização de palestras capazes de sensibilizar os discentes sobre os problemas ambientais causados pelo lixo. Nessa pesquisa, foi possível observar um pouco de conhecimento e a falta de conscientização dos alunos sobre o tema abordado. Essa problemática, porém poderia ser solucionada a médio e longo prazo, através das mudanças dos hábitos e da implantação da coleta seletiva estimulando o alunado a contribuir com essa ação.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Coleta Seletiva, Educação Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais da atualidade está relacionada à produção crescente e acúmulo de resíduos sólidos dispostos a céu aberto, gerados principalmente pelo hábito consumista e o crescimento desenfreado da população mundial. Isso aponta para a necessidade de mudanças e atitudes sobre quantidade de lixo gerado no dia a dia e o seu descarte, tanto por parte do estado quanto da população (COSTA, 2007).

O lixo para muitos é algo sem utilidade, chamado também de rejeito, que passa por um processo de exclusão quando descartado de forma incorreta e não tratado, contendo substâncias que podem afetar a saúde humana, seja através do contato direto ou indireto, (FELIX, 2007). Os resíduos sólidos durante o processo de decomposição liberam gases contaminantes como metano e dióxido de carbono contribuindo para o efeito estufa, além de produzir o chorume, uma substância tóxica que ao entrar em contato com o solo provoca a contaminação dos lençóis freáticos.

Uma das alternativas para alterar este contexto é através da implementação da coleta seletiva, além da prática da política dos “3 Rs” (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) e implantação de programas de conscientização, por meio da educação ambiental (BORGES; OLIVEIRA, 2011). Para que isso aconteça é necessário que a sociedade colabore e participe na construção de mudanças de atitudes e valores em relação à problemática ambiental (BORGES; OLIVEIRA, 2011).

A Educação Ambiental deve ser vista como um processo de aprendizagem que valoriza as diversas formas de conhecimento e a formação de cidadãos mais consciente (BORGES; OLIVEIRA, 2011). No entanto, ela sozinha não é suficiente para resolver os problemas ambientais, mas é apenas uma peça fundamental para a conscientização do cidadão sobre o seu papel na preservação do meio ambiente (BORGES; OLIVEIRA, 2011). A coleta seletiva deve começar nas próprias residências e nas escolas com a separação do lixo gerado, para que seja reciclado. Juntos eles, a comunidade e as escolas, têm o poder de contribuir para a diminuição dos problemas ambientais e construção de um ambiente saudável para as futuras gerações.

Este artigo aborda uma pesquisa-ação aplicada em três escolas do ensino fundamental II na cidade de Picos - PI, visando sensibilizar os alunos sobre a importância do descarte correto dos resíduos, da coleta seletiva, da política dos 3R's, da educação ambiental e do aproveitamento dos resíduos sólidos, além de objetivar despertar o senso crítico dos alunos em relação à mudança de atitudes e responsabilidade na preservação do meio ambiente em que vive.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O lixo é definido como qualquer resíduo resultante das atividades humanas ou gerado pela natureza em aglomerações urbanas que em muitos casos podem ser reutilizadas ou recicladas (SILVA, 2015). De acordo com sua origem, há quatro tipos de resíduos: residencial, comercial, público e de fontes especiais. Juntos, os tipos doméstico, comercial e público constituem o chamado lixo domiciliar. Entre os últimos se incluem, por exemplo, o lixo industrial, o hospitalar e o radioativo, que exigem cuidados especiais em seu acondicionamento, manipulação e disposição final (SILVA, 2015).

Quando gerados nas residências e nas escolas, os resíduos, muitas vezes, podem ser transformados em algo novo através da reciclagem. A coleta seletiva contribui nesse processo auxiliando na separação de forma correta, sem trazer risco para população e para o meio ambiente contribuindo ainda para a redução dos resíduos dispostos em lixões ou aterros. De acordo com Bringhentiel et al (2011), a coleta seletiva compreende a coleta de porta em porta, tanto domiciliar quanto comercial e a coleta em pontos de entrega voluntária, sendo direcionada principalmente aos produtos recicláveis.

De acordo com a Resolução CONOMA 275/01, para a coleta seletiva em sua ação primordial de separação, é estabelecido um código de cores segundo o qual são definidas cores específicas para cada tipo de material a ser descartado. Ela propõe que em recipiente de cor azul seja descartado papel e papelão, no vermelho apenas plástico, em lixeiras de cor verde seja descartado o vidro, em recipiente amarelo descarte o metal, já em lixeiras de cores laranja e branco seja feito o descarte de resíduos perigosos e ambulatoriais /serviços de saúde, respectivamente. Em continuação ainda existe a definição de cores tais como roxo para resíduos radioativos, marrom para resíduos orgânicos, preto para madeira, cinza para resíduo em geral não recicláveis, misturado ou contaminado não passível de separação.

A implantação desta no ambiente escolar é uma ação educativa eficaz que visa investir numa mudança de mentalidade e transformação da consciência ambiental (SILVA, 2015).

A escola é o espaço social e o local onde o aluno dará sequência ao seu processo de socialização. O que nela se faz, se diz e se valoriza, representa um exemplo daquilo que a sociedade deseja e aprova. Comportamentos ambientalmente corretos devem ser aprendidos na prática, no cotidiano da vida escolar, contribuindo para a formação de cidadãos responsáveis (BRUM; SILVEIRA, 2011).

A educação ambiental, nesse sentido, tem um papel fundamental para a construção do indivíduo mais consciente. Pois, é entendida como processo através do qual o indivíduo e a coletividade vêm construir valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas a uma conservação do meio ambiente (GELSLEICHTER et al., 2012).

Assim, o desenvolvimento sustentável é uma estratégia a qual propõe um desenvolvimento que atenda às necessidades humanas do presente, e não venha a prejudicar o meio ambiente e as gerações futuras (MARTINS et al., 2013). Logo, o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos recicláveis e da coleta seletiva é uma das alternativas para diminuição dos impactos ambientais causados pela geração de resíduos, tornando-se uma alternativa ambientalmente sustentável pela diminuição do volume de entrada desses resíduos nos aterros aumentando, com isso, sua vida útil e retirando das ruas e lixões o lixo que degrada o meio ambiente (ROCHA, 2012).

3. METODOLOGIA

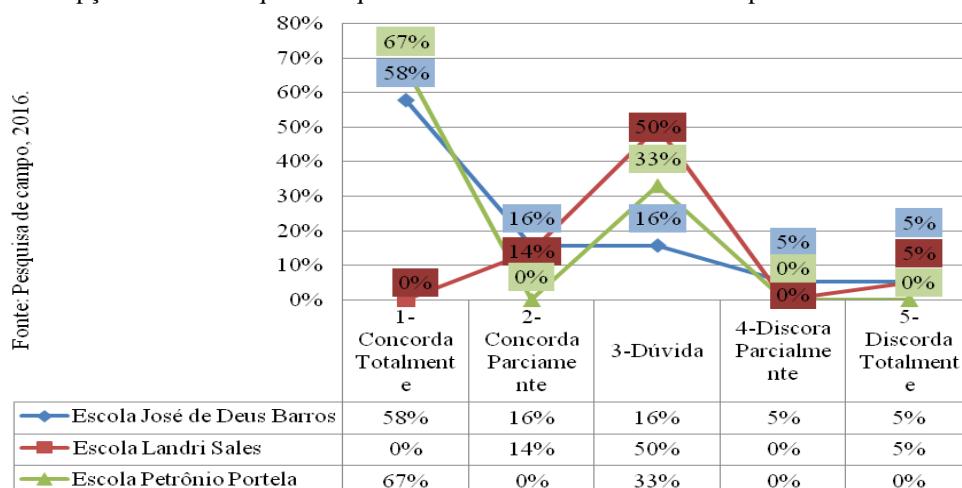
Esta pesquisa foi desenvolvida, nos períodos de junho a agosto de 2016 e novembro a maio de 2017, nas escolas Unidade Escolar Petrônio Portela, Unidade Escolar José de Deus Barros e Unidade Escolar Ladri Sales no município de Picos – PI, com 40 alunos de ambas as escolas. A pesquisa foi dividida em duas etapas: na primeira foi feita a aplicação de questionários afirmativos, sobre como separar o lixo adequadamente e quais consequências do descarte incorreto para a população e para o meio ambiente.

Durante a entrevista, quando a comunidade escolar foi questionada em relação à sua casa e ao lixo que é produzido nela, foram verificadas as percepções e conhecimentos sobre o lixo gerado, a cerca da quantidade, variedade, utilidade, descarte e responsabilidade. Na segunda etapa, foram utilizados recursos didáticos como apresentações de palestras em Datashow com slides mostrando a degradação do ambiente e alternativa para um desenvolvimento sustentável, jogos, dinâmicas, paródias, exemplares de materiais reciclados, maquetes de aterros e lixões dentre outros, para conscientização sobre os problemas ambientais causados pelo descarte incorreto do lixo e a importância da coleta seletiva.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Nesta pesquisa ao se trabalhar com alunos de três escolas públicas da cidade de Picos-PI, foi observado que a maioria deles revelou ter dúvida em relação à quantidade e a variedade do lixo produzida em sua residência (Figura 1), não possuindo conhecimento sobre a geração de resíduos em suas residências. Estudar a problemática da geração de resíduos sólidos nem sempre é um dos conteúdos de maior interesse da comunidade estudantil (BAGGIO et al., 2013).

Figura 1. Percepção dos alunos quanto à quantidade e à variedade de resíduos produzidos em suas residências

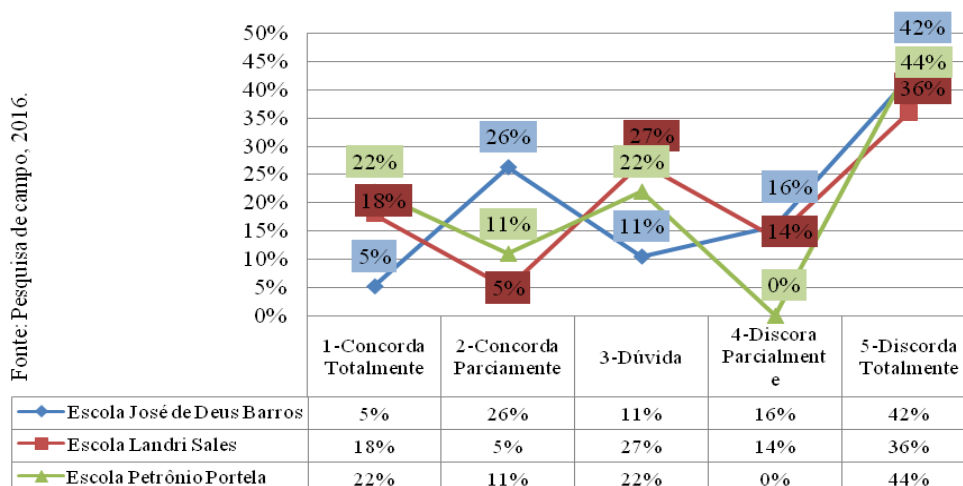


Quando indagados sobre a afirmação de que a quantidade do lixo produzido em suas residências era pouca (Figura 1), mais de 50% dos alunos da escola José de Deus concordaram totalmente e apenas 5% discordaram totalmente, nota-se que os alunos afirmaram de que a geração de lixo seja pequena, devido não ajudar os pais a destinar o lixo para coleta, não tendo ideia dos resíduos produzidos ou se baseiam com a quantidade de rejeitos jogados nas ruas. Porém, eles tinham consciência de que a produção de resíduos deveria ser reduzida através das mudanças de hábitos, como reutilizar sacolas plásticas para acondicionar o lixo, reaproveitar as embalagens dos produtos e evitar jogar fora detritos em qualquer lugar (RODRIGUES et al, 2010). Gomes (2007) comenta a importância e necessidade da mudança de valores e condutas para que se promova a melhoria do meio ambiente, visando amenizar os danos causados a natureza e a degradação dos recursos naturais (GOMES, 2007; RODRIGUES et al, 2010).

Na escola Ladri Sales, 50% dos alunos, ficaram em dúvida em relação à afirmação do (Figura 1), não sabendo relatar sobre a quantidade de resíduos por eles produzidos. Em trabalho realizado por RODRIGUES et al (2010), na cidade de Urutaí – GO, foram encontrados resultados parecidos, onde 78,3% não tinham ideia da quantidade do lixo produzido em suas residências, mostrando falta de conhecimento ou desinteresse sobre a temática abordada. Este fato, quando toma-se como público alvo da pesquisa alunos de uma dada escola, deve-se, de acordo com BAGGIO et al. (2013), a falta de associação entre o que é explanado em sala de aula e sua relação com a prática no próprio meio ambiente.

Na Figura 2 é mostrado que, nas respectivas escolas, a maioria dos alunos afirmam não fazerem em suas casas a separação do lixo, devido a inexistência da coleta seletiva e ainda em consequência da falta de orientação sobre os benefícios gerados por ela. Estes resultados assemelham-se aos de Silva (2009), que relata a falta de conhecimento sobre qualquer tipo de conscientização ambiental relativo ao plano de coleta seletiva.

Figura 2. Percepção dos alunos quanto à separação do resíduo em seco e úmido

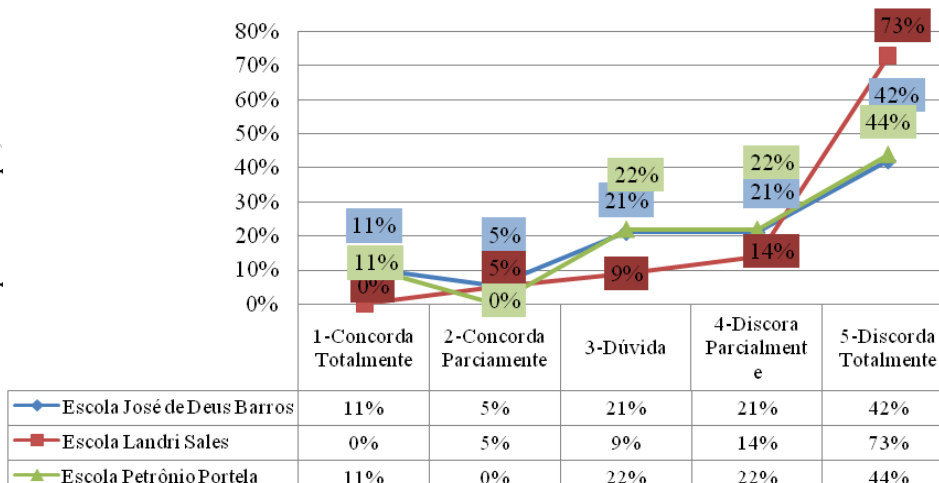


Ao separar os resíduos orgânicos dos inorgânicos, são dados os primeiros passos para sua destinação correta. Com a separação é possível: a reutilização, a reciclagem, o melhor valor agregado ao material a ser reciclado, o aumento do tempo de vida dos aterros sanitários e menor impacto ambiental quando da disposição final dos rejeitos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Conforme apresentado na Figura 3, os alunos discordaram de que a responsabilidade de destinação do lixo é apenas da prefeitura. Com isso, nota-se que os mesmos têm a consciência de que o acúmulo de resíduos gerados pela atividade humana é problemas de todos, sendo a sociedade a principal causadora dos maiores problemas que circulam o meio ambiente. Um dos caminhos para a solução dos problemas relacionados com o lixo é apontado como a Pedagogia dos Três Erres (3R): reduzir, reutilizar e reciclar. Ainda pode ser adicionados mais dois erres, sendo eles refletir, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017; ANTQUEVES, 2015). Devemos refletir sobre nossos hábitos, recusar produtos que prejudicam a natureza e a saúde humana, reduzir o consumo, reutilizar no máximo e por fim reciclar os materiais (COMINI et al, 2009).

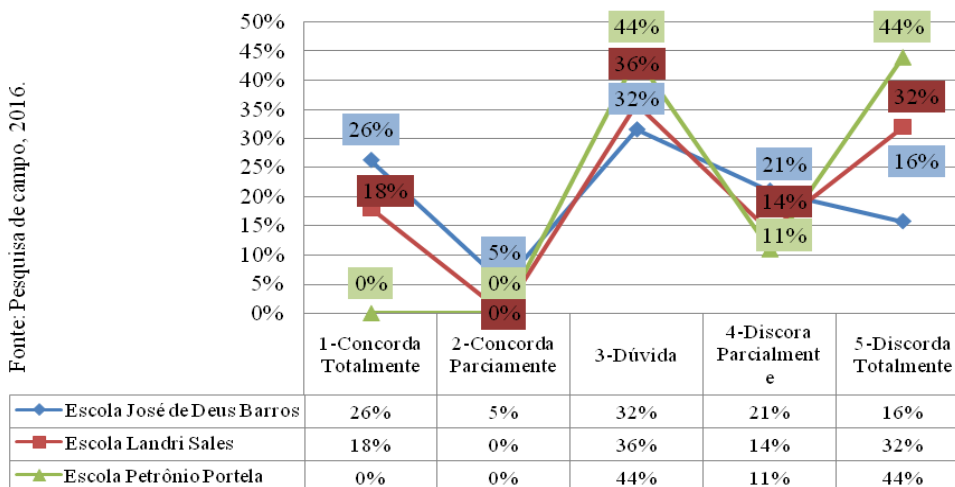
Figura 3. Percepção dos alunos quanto à responsabilidade do resíduo gerado pela população

Fonte: Pesquisa de campo, 2016.



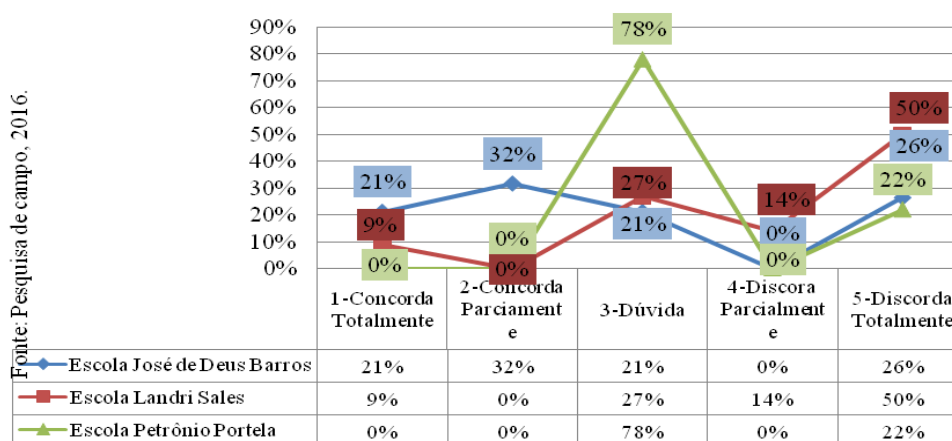
Na Figura 4 observou-se que para a maioria dos alunos nas respectivas escolas separar o resíduo seco do úmido não é tarefa fácil, o que aponta para pouco conhecimento sobre a coleta seletiva. Para mudar esta realidade, os educadores devem trabalhar, por meio de campanhas, projetos interdisciplinares, palestras e atividades lúdicas com os alunos sobre os problemas ambientais relacionados ao lixo e importância da coleta seletiva (TINDADE, 2011; BRINGHENTI et al, 2011).

Figura 4. Percepção dos alunos quanto à facilidade da separação do resíduo domiciliar



Durante a entrevista (Figura 5) notou-se que a maioria dos alunos das respectivas escolas discorda da existência da coleta seletiva na escola. Os alunos afirmaram que os professores também não trabalham temas relacionados à coleta seletiva, entretanto, foram trabalhados outros temas ambientais. Em um trabalho semelhante a este, realizado por Silva (2009), os alunos das escolas públicas, relataram a inexistência, no ambiente físico das praças do Complexo Taiçoca, de locais adequados para esta prática, ou seja, recipientes de coleta seletiva. Enquanto que, na cidade de Picos, em cuja foi realizada a presente pesquisa, existem locais com lixeiros da coleta seletiva representando o lixo seco e o úmido, mas não são utilizados pela população de forma correta, ou mesmo, sequer são utilizadas como exemplo pelos educadores para mostrar aos alunos na prática a separação desses resíduos em lixo orgânico e inorgânico.

Figura 5. Percepção dos alunos quanto à presença de coleta seletiva nas escolas



Na segunda etapa da pesquisa foram utilizados recursos didáticos para conscientizar os alunos sobre os problemas ambientais causados pelo acúmulo de lixo. Procedeu-se a realização de palestras educativas intituladas “Meio Ambiente é Problemas de Todos e O lugar do Lixo é no Lixo”, logo depois foram feitas paródias, jogos, dinâmicas e exposição de materiais reciclados (Figuras 6, 7, 8, 9 e 10). Silva e Leite (2008) relatam que é a partir dessas atividades e de tantas outras, que se promove a construção e reconstrução do conhecimento dos alunos e ainda o desenvolvimento dos vários tipos de inteligência. Os recursos utilizados foram bem aceitos pelos alunos, apesar das dificuldades enfrentadas, devido à deficiência de infraestrutura das escolas.

Figura 6. Momento da palestra com os alunos do Ensino Fundamental II, Novembro, 2016.



Fonte: Autores (2016)

Figura 7. Materiais recicláveis confeccionados pelos alunos de biologia do Projeto Coleta Seletiva.



Fonte: Autores (2016)

Figura 8. Aplicação dos questionários nas escolas para os alunos, junho, 2015.



Fonte: Autores (2016)

Figura 9. Momento da dinâmica com alunos do Ensino Fundamental II, Novembro, 2016.



Fonte: Autores (2016)

Figura 10. Palestra no Ensino Fundamental II, como tema “O Lixo é Problemas de Todos”, Maio, 2017.



Fonte: Autores (2017)

Durante as palestras, foram explanados temas sobre a coleta seletiva, a importância da separação dos resíduos nas residências e nas escolas, além dos danos causados ao meio ambiente. De forma geral e de acordo com os dados analisados nessa pesquisa foi possível notar que apenas uma pequena parcela dos entrevistados se preocupa com separação e a destinação correta dos resíduos gerados. Eles apontaram como um dos principais motivos para o gerenciamento incorreto de seus resíduos, o simples fato de desconhecerem as consequências danosas à natureza.

Para reciclar é prioritário que seja feita a separação do lixo de forma correta, essa atitude torna mais fácil o processo de reciclagem além de permitir maior aproveitamento dos resíduos sólidos. A reciclagem passa por várias etapas, começando pela separação na sua fonte geradora. O lixo jogado fora misturado (com resíduos orgânicos e inorgânicos), irá contaminar todo o material que ficará sujo e apenas uma pequena quantidade será aproveitada.

Além disso, materiais tais como plásticos, metais, papéis, entre outros, quando descartados de qualquer forma no meio ambiente liberam substâncias químicas que contaminam o solo, e ainda, seu processo de decomposição pode ser infinitamente demorado (ALENCAR, 2005).

A ação interativa realizada através das palestras, dinâmicas e paródias, demonstrou-se um método muito eficiente, fixando a atenção dos alunos e trazendo questionamentos sobre a mudança dos hábitos. Uma campanha de Educação Ambiental bem elaborada com a comunidade escolar é importante para estimular o processo de reeducação em prol de uma mudança de postura em relação às escolhas de consumo bem como, aos resíduos que se produz e à preservação do meio ambiente (BORGES; OLIVEIRA, 2011).

A implantação de práticas de educação ambiental e da coleta seletiva nas escolas é fundamental, para diminuição de resíduos nas ruas, em terrenos baldios e lixões (SILVA, 2010), além de incentivar os cidadãos a conhecer e cumprir seu dever como integrante do ambiente. Dentre os hábitos mais comuns que contribui para preservar o meio ambiente podemos citar evitar desperdício de água, luz e consumos desnecessários, fazer coleta seletiva, adquirir produtos de empresas preocupadas com o meio ambiente, cobrar as autoridades competentes para que apliquem a legislação, e sensibilizar a comunidade escolar e a população sobre os benefícios e malefícios da produção do lixo (SILVA, 2010).

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apontam para uma deficiência no conhecimento sobre o tema, gerando, por conseguinte, falta de conscientização sobre a separação correta do lixo. Nas três escolas pesquisadas, os professores não trabalham a temática do meio ambiente objetivando a diminuição da produção de resíduos sólidos, separação e coleta seletiva com os alunos. Mesmo diante das dificuldades encontradas, os alunos entenderam, por meio das atividades desenvolvidas, a importância da coleta seletiva, os cuidados que devem ser tomados com os resíduos na sua disposição para coleta. E ao mesmo tempo, deram seu ponto de vista sobre os problemas do lixo não tratado, o descarte de forma incorreta e suas consequências para o meio ambiente.

REFERENCIAS

- ANTQUEVES, L. M. C.; BOSA, C. R.; SILVA, J.D. A educação ambiental e atividades lúdicas: um incentivo a mudança de hábitos na geração de lixo. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 2, 2015.
- BAGGIO, A.; SALVADOR, C. G.; MADADORI, D.; VAZATTA, F.; MEZZALIRA, L. M. R.; KAMINSKI, N. E. C.; STECANELA, N.; SILVA, L. P. **Análise da desmotivação escolar: elementos que colaboram para o desinteresse dos alunos em sala de aula no São Rafael**, 2013.
- BORGES, E. A. OLIVEIRA, M. A. **Educação ambiental com ênfase no consumo consciente e o descarte de resíduos- uma experiência da educação formal**, Simpósio de Educação Ambiental e Transdisciplinaridade UFG / IESA / NUPEAT, Goiânia, 2011.
- BRINGHENTI, JACQUELINE R.; GUNTHER, W. M. R. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 421-430, 2011.
- COMINI, G. S.; HONDA, I. M.; FERNANDES, J. C.; MACIEL, M. D. S. Digressão sobre a inserção da variável sustentabilidade socioambiental no planejamento estratégico das organizações. **Revista Tenda**, 2007.
- FELIX, R. A. Z. Coleta seletiva no ambiente escolar. **Revista eletrônica: ISSN 1517-1256**, v.18, 2007.
- GELSLEICHTER, M., SLONSKI, G. T. A educação ambiental nos cursos do Proela do Instituto Federal de Santa Catarina Campus Florianópolis- Continente. **Ambiente & Educação V. 17/ Nº 2 / 2012**.
- GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência & Saúde Coletiva, 17 (6):1503-1510, 2012.
- GOMES, A.P.W. **Percepção Ambiental dos alunos da Faculdade de Viçosa**. Semana Acadêmica de Meio Ambiente: Gestão, Educação e Inovação Tecnológica, v.1, p. 1-6. Viçosa, 2007.
- MARTINS et al. **Diagnóstico ambiental: uma pesquisa exploratória na região fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. Remoa, v(11), nº 11, p. 2389 – 2399, 2013.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/8521-como-e-porqu%C3%AA-separar-o-lixo>>. Acesso em: 07 de julho de 2017.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/8%20-%20mcs_lixo.pdf>. Acesso em: 07 de julho de 2017.
- RESOLUÇÃO 275 DE 25 DE ABRIL 2001. **O Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27501.html>> Acesso em: 02/ 06/17.

ROCHA, D. L. **Uma análise da coleta seletiva em Teixeira de Freitas – Bahia.** Caminhos de Geografia Uberlândia v. 13, n. 44, p. 140–155, 2012.

SILVA, A. R. S.; MELO D. G.; MORAES, F. J. S.; ANTÔNIO, T.; COELHO, P. M.; SILVA, G. S.: **Impactos ambientais referentes à não coleta seletiva de lixo e reciclagem,** Ciências exatas e tecnológicas, Maceió, v. 2 , n.3, p. 63 -76 , maio 2015.

SILVA, M. L.; LANDIM, M. **Análise do conhecimento de alunos do ensino médio sobre a problemática do complexo Taíçoca, N. S. do Socorro.** SERGIPE, 2009.

SILVA, M. M. P.; LEITE, V. D. Estratégias para realização de educação em escolas do ensino fundamental. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.** ISSN 1517-1256, v. 20, janeiro a junho de 2008.

TRINDADE, L. A. **Consciência ambiental:** coleta seletiva e reciclagem no ambiente escolar, ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12; 2011.

4.5 EDUCAÇÃO AMBIENTAL POR MEIO DE MANUAIS: UMA ESTRATÉGIA PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE NA UFPE

OLIVEIRA, Maria Betânia Melo de

Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco (CB/UFPE)
maria.bmoliveira@ufpe.br

GONZAGA, Waleshka Vieira

Diretoria de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (DGA/UFPE)
waleshka.gonzaga@ufpe.br

MENEZES, Rômulo Simões Cezar

Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
rmenezes@ufpe.br

XAVIER, Maria de Fátima Moraes

Diretoria de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (DGA/UFPE)
dga.s.infra@ufpe.br

RESUMO

O desenvolvimento de boas práticas e a busca de eficácia para sistemas de gestão implantados na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) conduziu a equipe da Diretoria de Gestão Ambiental (DGA), para planejar e executar Manuais de Gestão de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, visando a consolidação de um processo de educação ambiental da comunidade universitária. O amplo alcance bem como a facilidade de acesso ao material planejado levou a opção por manuais com padrão cromático específico, comunicação clara e objetiva em formato digital, garantindo ampla acessibilidade, enquadrados nos princípios da missão institucional: ensino, pesquisa e extensão.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente, Digital, Conscientização.

1. INTRODUÇÃO

O início de ações de educação ambiental no desempenho das atividades institucionais é fundamental para implantação de programas de gestão de resíduos sólidos e desenvolvimento de boas práticas, inserindo a organização em um contexto de sustentabilidade. A missão da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), desde a sua criação (1946) é promover um ambiente adequado ao desenvolvimento de pessoas e a construção de conhecimentos e competências que contribuam para a sustentabilidade da sociedade, por meio de ensino, pesquisa, extensão e gestão.

A UFPE reúne mais de 48 mil pessoas, incluindo professores, servidores técnico-administrativos e alunos de graduação e pós-graduação, distribuídos em doze centros acadêmicos, dez no Campus Recife e dois em Vitória de Santo Antão e Caruaru, implantados em programas de interiorização de suas atividades. Todos com infraestrutura física em franca expansão. A gestão dos resíduos sólidos na UFPE teve como ponto de partida, o diagnóstico da tipologia dos resíduos gerados nas atividades acadêmicas e administrativas, a infraestrutura física existente e os procedimentos cotidianos adotados em cada área de atuação da comunidade universitária.

A implantação dos sistemas de gestão planejados com base nos dados obtidos demandaram ações específicas de educação ambiental e orientações de boas práticas, que atingissem parcela significativa da comunidade universitária, viabilizando a eficácia dos modelos propostos, além da busca do estabelecimento de relação de parceria entre a comunidade e a gestão.

A educação ambiental é um processo individual e coletivo, onde ações ambientais devem ser planejadas e colocadas em prática. A interdisciplinaridade é um princípio básico da Política de Educação Nacional, na qual estimula a produção e divulgação de material educativo. Sendo assim, o design tem muito a contribuir na construção de materiais educacionais voltados à gestão de resíduos, sustentabilidade e meio ambiente de forma geral (PNE, 1999). Manuais de gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade foram desenvolvidos, com o objetivo de serem ferramentas de educação ambiental na UFPE, dotados de padrões cromáticos específicos para cada sistema de gestão, como também estrutura, expressão gráfica e verbal clara, objetiva e atrativa, ao alcance do público alvo. Trazer eficácia aos sistemas de gestão adotados visando a inserção da UFPE em um cenário de sustentabilidade, utilizando os manuais como ferramentas, foi o objetivo primordial desta ação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A inserção de boas práticas na gestão ambiental institucional faz parte da busca por uma organização sustentável. As universidades são instituições que tem a educação como missão, sendo assim naturalmente transformadoras do ambiente onde estão inseridas tendo papel relevante neste processo. De acordo com Fonseca et al. (2015), a educação ambiental tem buscado incessantemente novas formas de relação dos homens com a sociedade e com o planeta. Tem trazido novos conceitos para uma construção social sustentável, democrática, participativa, justa e ambientalmente correta. Planejamento e implantação de sistemas de gestão ambiental e busca de sustentabilidade, devem ser necessariamente permeados por ações educativas baseadas no diálogo e criatividade, sendo transformadoras e com a visão de dotá-los de eficácia, garantindo resultados.

Ainda de acordo com Fonseca et al. (2015), para que uma organização desenvolva as suas atividades fins com procedimentos ambientalmente corretos, geradores de quantidade reduzida de impactos ambientais, ações educativas que envolvam a diversidade de áreas de atuação institucional, devem ser propostas e executadas buscando sensibilização e parceria de todos os envolvidos.

As Instituições de Ensino Superior (IES) devem propor processos educativos vinculados a sistemas concretos de gestão integrada de resíduos sólidos. Processos educativos por si só, não terão resultados efetivos, porém acoplados a propostas concretas de gestão, tendem a atingir bom grau de eficácia, (LARA, 2012) reduzindo impactos socioambientais causados pelo desempenho de suas atividades administrativas e acadêmicas. Corrêa et al. (2012) relatam que a participação efetiva da comunidade universitária nos processos de gestão institucional de resíduos sólidos é preponderante. A atuação correta do gerador no cotidiano de suas atividades requer orientação educativa fundamental para procedimentos iniciais de manuseio, segregação e disposição adequada dos resíduos gerados.

Neste contexto educativo o design veiculado por mídias digitais tem um papel preponderante (PASSOS, 2010). São produtos que tem a capacidade de aumentar o público alvo atingido, fornecendo suporte eficaz às atividades cotidianas e atuando como fortalecedor de processos de educação ambiental.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 (BRASIL, PNRS, 2010) e o decreto que a regulamenta, Lei nº 7.404 (BRASIL, 2010), destacam a importância da gestão dos resíduos sólidos desde a sua geração até o destino final. Mais uma vez fica evidenciada a necessidade de participação adequada de todos os atores envolvidos no processo. A Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação ambiental, enfatiza que a educação ambiental é componente essencial e permanente da educação nacional em caráter formal e não formal, devendo ser um processo educativo amplo e abrangente para toda a sociedade (Brasil, 1999).

A Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), programa criado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com o objetivo de incentivar instituições públicas a adotarem ações de responsabilidade socioambiental em suas atividades cotidianas, tem dentre os seus cinco eixos temáticos o de capacitação e sensibilização de servidores. A UFPE aderiu voluntariamente a este programa em 2014 e estabeleceu dentre as metas a serem alcançadas a realização destas ações, com o compromisso de adotar ferramentas que promovam o seu cumprimento.

3. METODOLOGIA

Foram desenvolvidos cinco manuais de gestão de resíduos e sustentabilidade como forma de promover a sensibilização, informação e orientações de procedimentos na universidade. Os temas dos manuais foram selecionados por fazerem parte de ações contínuas da Diretoria de Gestão Ambiental – DGA – da UFPE e contemplam as seguintes áreas: Coleta Seletiva, Óleo de Fritura, Pilhas e Baterias, Medicamentos e Sustentabilidade.

O programa utilizado para a confecção foi o CorelDRAW versão 7, software de design gráfico, que possibilita maior liberdade de criação, tornando o material mais atrativo visualmente. A identidade visual foi uniformizada, diferenciando-os por meio de um padrão cromático estabelecido (Figura 1).

Figura 1. Capas dos manuais de gestão de resíduo e sustentabilidade da UFPE.



Por se tratar de uma ação similar, onde a pessoa deve trazer o resíduo de casa e descartar em um dos coletores espalhados pela universidade, a estrutura dos manuais de Pilhas e Baterias, Óleo de fritura e Medicamentos foi a mesma, ou seja, contemplam quais as consequências do descarte incorreto, qual procedimento deve-se tomar para não descartar inadequadamente (como fazer) e quais os pontos de coleta do Campus Recife, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2. Páginas internas dos manuais de Pilhas e Baterias, Óleo de fritura e Medicamentos da UFPE.



Já o manual de Coleta Seletiva, apesar de conter tópicos dos outros manuais, possui também tópicos adicionais, como: 5R (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar), o que pode ser reciclado (reciclável x não reciclável), logística e cronograma de coleta no Campus Recife (Figura 3).

Figura 3. Páginas internas do manual de Coleta Seletiva da UFPE.



O manual de sustentabilidade, por envolver várias outras áreas discutidas nos demais manuais, traz de forma mais resumida os conteúdos já abordados, além de orientações sobre boas práticas que podem ser inseridas na rotina da universidade (Figura 4).

Figura 4. Páginas internas do manual de Sustentabilidade da UFPE.



Para manter a unidade visual das ações da DGA, as capas dos manuais contêm pictogramas (Figura 5) que foram utilizados nos coletores que fazem parte do projeto UFPE Coopera (Figuras 6 e 7). As cores foram estabelecidas na escala RGB de acordo com o resíduo: verde para sustentabilidade (R:157, G:211, B:175) e pilhas e baterias (R:168, G:207, B:69), amarelo para coleta seletiva (R:255, G:204, B:41), laranja para óleo de fritura (R:245, G:134, B:52) e vermelho para medicamentos (R:224, G:65, B:63).

Figura 5. Pictogramas utilizados nas capas dos manuais da UFPE.



Figura 6. Cartazes utilizados nos coletores da UFPE.

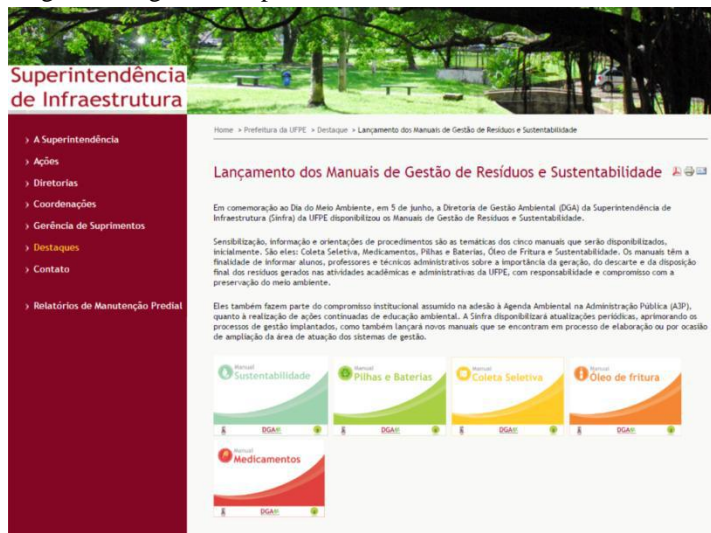


Figura 7. Marca do UFPE Coopera.



Os manuais foram disponibilizados em formato digital na página da Superintendência de Infraestrutura, no portal da UFPE (www.ufpe.br/sinfra) (Figura 8). A divulgação foi realizada pela Assessoria de Comunicação da UFPE – Ascom – e pela DGA, por meio de redes sociais e por e-mail, através de mala direta para os docentes e técnicos administrativos.

Figura 8. Página da Superintendência de Infraestrutura da UFPE.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A UFPE enfrenta vários desafios no âmbito da educação ambiental. A descentralização física, a heterogeneidade e o quantitativo de pessoas (Tabela 1), as atividades que compõem a comunidade acadêmica, além da frequente rotatividade de alunos dificultavam ações que atingissem um grande número de pessoas. Esses desafios não são exclusivos desse Campus. Qualquer instituição de ensino e pesquisa que contem um quantitativo elevado de pessoas e uma heterogeneidade de atividades enfrenta o mesmo problema. Porém, a UFPE, mais precisamente a DGA consciente da necessidade de realizar alguma ação relacionada ao tema, vem promovendo há alguns semestres cursos de educação ambiental presencial e campanhas de conscientização na área de educação ambiental.

Tabela 1. Quantitativo de centros e pessoas da UFPE.

Centros Acadêmicos: 12	Recife: 10 Caruaru: 1 Vitória de Santo Antão: 1
Corpo Docente: 2.422 professores	
Corpo Discente: 41.931	Graduação presencial: 31.144 Graduação à distância: 695 Especialização: 2.790 Mestrado: 3.595 Doutorado: 3.300 Colégio de Aplicação: 407
Servidores Técnicos Administrativos: 4.207	

Apesar dessas iniciativas foi percebida a necessidade de atingir um público ainda maior em um menor espaço de tempo. Foi quando surgiu a ideia da confecção dos manuais. Foram, então, elaborados e/ou disponibilizados no dia 5 de junho de 2017, dia do meio ambiente, cinco manuais com características específicas.

A escolha pelos manuais decorre de vários fatores: 1. Ecologicamente é mais adequado, diminuindo o impacto ambiental; 2. Reduz o custo com aquisição e impressão dos materiais; 3. Permite maior agilidade na transferência do conhecimento, uma vez que podem ser acessados por qualquer pessoa, em qualquer lugar.

Na semana do lançamento, de 05 a 11 de junho, a divulgação nas redes sociais, pelo *site* do *Facebook* resultou num alcance de 1.418 pessoas (Figura 9), com 514 acessos. O número de pessoas alcançadas com a divulgação é importante, pois mesmo que elas não acessem de imediato, sabem da existência e localização dos manuais, caso precisem das informações.

Figura 9. Página da DGA no *Facebook*.



Em apenas uma semana, o número de pessoas atingidas foi superior ao de inscritos em cursos de educação ambiental de turmas presenciais, que costumavam ser em torno de 40 e não eram oferecidos frequentemente ao público. Segundo Passos (2010), manter uma uniformidade nos elementos gráficos auxilia na compreensão do usuário, evitando que fiquem confuso ou sobrecarregado, além de promover uma comunicação eficiente. A utilização dos mesmos pictogramas e cores nos materiais gráficos estabelece um padrão e auxilia a conexão entre as informações (materiais gráficos como cartazes e os manuais - Figura 10) e ações (descartar o resíduo no coletor específico – Figura 11), além de gerar uma identidade visual nas ações de educação ambiental da UFPE.

De acordo com Azevedo et. al. (2000), as cores transmitem mensagens e podem predispor determinados estados de humor, desencadear emoções e modificar comportamentos. Pensando nisso, as primeiras cores estabelecidas foram o amarelo e a laranja para a coleta seletiva e o óleo de fritura, respectivamente, por serem cores dinâmicas e que sugerem movimento, atividade. Em seguida, foi estabelecido o uso do verde para pilhas e baterias, por ser uma cor que lembra tanto tecnologia quanto

meio ambiente. O vermelho foi determinado para medicamentos, por ser uma cor que chama atenção e sugere alerta. Por fim, um tom suave de verde para sustentabilidade, por ser uma cor que remete ao meio ambiente. A localização adequada de coletores representou um grande incentivo às pessoas que tinham resíduos armazenados em casa e não sabiam onde descartar.

Figura 10. Material gráfico sobre óleo de fritura da UFPE.



Figura 11. Pessoa descartando óleo de fritura em coletor da UFPE.



Os mapas dos pontos de coleta foram necessários para que todos tivessem conhecimento dos tipos de coletores presentes na universidade e em quais locais estão disponibilizados, já que nem todos os prédios foram contemplados até o momento. Vale salientar que os coletores de medicamentos necessitam de uma localização estratégica para inibir a ação de pessoas com fins inapropriados. O mapa do manual de sustentabilidade contempla todos os coletores do Campus Recife e pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12. Mapa dos pontos de coleta do Manual de Sustentabilidade da UFPE.



O Manual de sustentabilidade, tema que abrange todos os resíduos comentados neste trabalho, reúne informações dos outros manuais e traz orientações de boas práticas (Figura 13) que podem ser inseridas na rotina acadêmica e administrativa, contemplando os eixos da A3P.

Figura 13. Página do manual de Sustentabilidade da UFPE que fala de boas práticas.



No fim de cada manual, há o endereço da página da Sinfra no site da UFPE e da página da DGA no *Facebook*, onde é possível localizar outras ações e informações da Diretoria de Gestão Ambiental, além do e-mail para que as pessoas possam entrar em contato com a DGA, tirar dúvidas, fazer críticas, enfim, contribuir para que o conteúdo desta iniciativa seja contínuo, retificado, ampliado e atualizado sempre que necessário (Figura 14).

Figura 14. Página de contatos da DGA - UFPE.



5. CONCLUSÕES

Espera-se que este trabalho contribua para uma mudança no comportamento da comunidade acadêmica da UFPE no que se refere à consciência ambiental e que sirva de modelo para outras instituições. Entretanto, é importante ressaltar que a realização deste trabalho não garante uma modificação nos hábitos das pessoas que frequentam e trabalham na universidade. Trata-se de um trabalho inicial, já que a educação ambiental é um processo contínuo e coletivo, que deve ser associado a outras iniciativas. Na tentativa de dar mais visibilidade aos manuais e dar continuidade ao trabalho de divulgação, serão utilizadas outras formas de propagação como a realização de matéria visual e para rádio, em parceria com o Núcleo de Televisão e Rádios Universitárias da UFPE.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, F. M. de A.; SANTOS, M. S.; OLIVEIRA, R. **O uso da cor no ambiente de trabalho: uma ergonomia da percepção**. Florianópolis: UFSC, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental na Administração Pública**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p.htm>. Acesso em 30 de maio de 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 de ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso em 30 de maio de 2017.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial da república Federativa do Brasil. Brasília, DF, 27 de abr. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9795.htm. Acesso em 30 de maio de 2017.

CORRÊA, E. K et al. **Utilização de ferramentas de educação ambiental na implantação do programa de coleta seletiva no Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. V. 29, 2012.

FONSECA, M. da. et al. **Tecendo boas práticas de Educação Ambiental na Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Brasil**. Revista Ambientalmente Sustentável. V. I. n. 19-20. p. 1153-1169, 2015.

LARA, P. T. de R. **Sustentabilidade em Instituições de Ensino Superior**. Revista Monografias Ambientais. V. 7. N. 7. P 1646-1656, 2012.

PASSOS, J. E. **Metodologia para o design de interface de ambiente virtual centrado no usuário**. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

PERNAMBUCO, Universidade Federal de. **Lançamento dos Manuais de Gestão de Resíduos e Sustentabilidade**. Disponível em: https://www.ufpe.br/sinfra/index.php?option=com_content&view=article&id=209:lancamento-dos-&catid=15:ambiente&Itemid=122. Acesso em 29 de maio de 2017.

4.6 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E OS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SERVIÇO PÚBLICO DE ENSINO DO IFPE

PASSOS, Cícera Robstânia Laranjeira dos

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco *campus* Afogados da Ingazeira (IFPE)
cicera.robstania@afogados.ifpe.edu.br

SILVA, Dalva Jakelline Alves da

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco *campus* Afogados da Ingazeira (IFPE)
dalvajakelline9900@gmail.com

SILVA, Josicleide Cordeiro da

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco *campus* Afogados da Ingazeira (IFPE)
josicleidecordeiro0306@gmail.com

LIRA, Claudia Wanderley Pereira de

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco *campus* Afogados da Ingazeira (IFPE)
claudia.lira@afogados.ifpe.edu.br

RESUMO

Ações de preservação ou degradação estão no centro das discussões da problemática ambiental e do manejo dos recursos naturais. Entre essas ações, destacam-se a necessidade de manejo dos resíduos sólidos. A educação ambiental é considerada um instrumento de transformação, onde a prática interdisciplinar é voltada à preservação e resolução de questões que envolvem os aspectos naturais. Assim sendo, esse trabalho apresenta estudo sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos do IFPE - *campus* Afogados da Ingazeira, incentivando a consolidação das práticas de educação ambiental no cotidiano dos seus servidores. Para o desenvolvimento do estudo, o trabalho foi dividido em etapas: coleta de dados e orientações; geração e monitoramento; e destino final. Para cada etapa, gerou-se resultados, do qual confirmou-se sobre a importância da educação ambiental no processo de mudança, rumo ao emprego de ações sustentáveis no tocante aos resíduos sólidos gerados em órgãos públicos.

PALAVRAS-CHAVE: Participação, Transformação, Gestão Integrada

1. INTRODUÇÃO

A conservação racional dos recursos naturais e a proteção contra a degradação ambiental devem contar fortemente com a participação do poder público. A participação das instituições públicas no processo de responsabilidade socioambiental é necessária, e o Estado é o principal interlocutor junto à sociedade, possuindo uma ampla responsabilidade e papel indutor fundamental para tornar as iniciativas atuais, e também as futuras, mais transparentes, incentivando a inserção de critérios de sustentabilidade em suas atividades e integrando as ações sociais e ambientais com o interesse público (BRASIL, 2009).

É notável as mudanças dos modelos das gerações, costumes e práticas, cuidados e importância no tocante a conservação dos recursos naturais que, antes, ficavam presos a um sistema de individualismo. A degradação de princípios e cuidados com o ciclo da existência, observado nos recursos naturais, assola esse modelo presente. De acordo com Reis (2011), “a compreensão de nossa Cidadania Planetária está sendo despertada lentamente. Como cidadãos planetários agimos preservando ou degradando localmente, mas incidimos sobre todo o planeta”.

Ações de preservação ou de degradação estão no centro das discussões da problemática ambiental e do manejo dos recursos naturais. Entre essas ações têm-se as ações que dizem respeito ao manejo dos resíduos. A produção de resíduos se torna um problema ambiental crescente e urgente.

Atualmente observa-se que nas cidades, esta produção de resíduos sólidos é tão intensa que não é possível planejar uma cidade sem considerar a problemática dos resíduos, isto é, desde a etapa de geração até a sua disposição final (MUCELIM; BELLINI, 2012). O manejo adequado dos resíduos depende de uma mudança cultural que só acontece mediante uma sociedade ambientalmente educada.

Segundo Carvalho (2000), existe a necessidade que o saber educativo aconteça no sentido de acessar os valores ambientais da sociedade. Assim, a educação funciona como prática interpretativa, que desvela, produz sentido e contribui para a constituição do horizonte compreensivo das relações sociedade-natureza e para a intervenção de um sujeito ecológico.

A prática de gerir ambientalmente ainda é vista por alguns como “modinha”, e essa percepção se altera quando há a compressão de que a responsabilidade passa a ser de todos, onde a única finalidade é cuidar do meio ambiente e da sua preservação. A forma pela qual nos relacionamos com a natureza que mostra em partes a nossa percepção a respeito da convivência e interação dinâmica entre os seres vivos, com isso, busca-se uma forma de aprendizagem e dinamismo voltados ao meio ambiente. A educação é peça importante na moldura dos nossos comportamentos e ações. Refletir sobre qual modelo de educação nos referimos quando reivindicamos a ela este papel de agente transformador (REIS, 2011).

A transformação faz parte da história e do ciclo, estamos em constante mudanças e perspectivas desencadeadas mediante a sociedade e costumes que ela assume, acompanhar e sincronizar suas mudanças requer cuidados. Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo principal apresentar um estudo sobre o procedimento de gerenciamento dos resíduos sólidos do IFPE *campus* Afogados da Ingazeira, incentivando a consolidação das práticas de educação ambiental no cotidiano dos seus servidores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O mau uso dos recursos naturais, associado ao desequilíbrio natural dos ambientes semiáridos e a geração de resíduos sólidos tem conduzido o palco de modelos de desenvolvimento regionais insustentáveis, que mais contribuem para ampliar a pobreza do que erradicá-la.

2.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade é assegurada no princípio do uso consciente dos recursos naturais, servindo de bem comum, para que o mesmo atenda a geração presente e às futuras, com valor significativo na construção da vida e bem-estar dos seres humanos. Essa definição, apesar de parecer simples e de ser amplamente utilizada, traz consigo a complexidade da relação homem x natureza. Para Pelicioni (2007), a ideia de sustentabilidade tem a ver com a inter-relação entre os seres humanos e o meio ambiente e essa complexa relação atinge diferentes níveis do conhecimento que perpassa, sobretudo, pela educação ambiental em todos os seus desdobramentos, inclusive o que a relaciona com o serviço público.

O desenvolvimento sustentável engloba três dimensões: econômica, ambiental e social. Quando se trata do eixo ambiental, aborda a necessidade que o ser humano produza e consuma de forma consciente, possibilitando que o meio ambiente se restaure, que o ciclo nunca deixe de existir, respeitando o tempo e limite do ecossistema. Essa pressão desencadeou, a partir da década de 1970, a preocupação com o manejo adequado dos recursos naturais.

Encontros e discussões sobre a temática que relaciona a sociedade e a natureza surgiram, dentre os quais vale ressaltar a I Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano ocorrido em 1972, na cidade de Estocolmo, Suécia. A conferência reconheceu a relação entre desenvolvimento e meio ambiente e abordou essa relação em uma de suas recomendações que objetivou a implementação de um Programa Internacional de Educação Ambiental (PELICIONI, 2007).

A abordagem da relação homem x natureza também foi parte integrante do estudo denominado “Nosso futuro comum”, publicado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas (ONU), também conhecido como Relatório Brundtland, que definiu o desenvolvimento sustentável como: “(...) aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (CMMAD, 1988, p. 46). Assim sendo, a sustentabilidade passa a ser pressuposto para as atividades que envolvem os recursos naturais.

2.2 A Importância da Aplicação da Educação Ambiental (EA)

Segundo Pelicioni (2007), a Educação Ambiental (EA), nos seus níveis formais e informais, chega para moldar a complexa relação homem x natureza. Assim sendo, objetiva contribuir no resgate de valores com o respeito à vida e ao meio ambiente, tornando isso uma filosofia de vida empregada em diferentes aspectos, seja social, político, econômico, cultural, ético e estético. Para o entendimento e contribuição para resultados positivos nas atitudes da população em relação ao meio ambiente, encontra-se a Educação Ambiental na Lei nº9.795/99:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e

competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1999, Art. 1º.)

No serviço público, assim como nos mais variados meios, passa a ser necessária atenção especial para esse assunto, pois através da EA que a sociedade se torna capaz de enxergar a realidade de forma crítica, e conseqüentemente melhor adequação de comportamento individual e coletivo, como até mesmo mudanças que sejam necessárias.

A Educação colabora no processo para que os indivíduos emitam juízos de valor ao julgar cada fato, cada ação em relação ao todo, a ir além do que é para propor como poderia ser. A Educação é, portanto, indispensável para a vida de todos nós, que desejamos ser seres humanos completos, cidadãos livres e responsáveis por nossas escolhas (REIS, 2011).

Medidas simples para mudanças de comportamento ambiental podem fazer grande diferença para a natureza e para a instituição que está inserido, a exemplos como a promoção de campanhas sobre consumo consciente, momentos internos e externos que promovam a socialização e entendimento sobre a importância do tema resíduos sólidos. A instituição pode colaborar (ou apoiar) ao instalar recipientes para coleta seletiva, o próprio colaborador adotar seu copo, ao invés dos descartáveis.

As práticas educativas relacionadas à questão podem assumir função transformadora, o que faz os indivíduos, depois de conscientizados, se tornarem em objetos essenciais para a promoção do desenvolvimento sustentável (Segura, 2001 *apud* REIS et al., 2012).

É muito relevante a disponibilização tanto da instituição quanto dos colaboradores para que os esforços sejam somados e o resultado seja significativo. Segundo Unigranrio (2012), a chave para o desenvolvimento é a participação, a organização, a educação e o fortalecimento das pessoas, em que a EA busca construir na sociedade uma nova relação com meio ambiente, causando no indivíduo o querer de assumir novas práticas, que seja possível a transformação, o cumprimento de novas atitudes em busca da sustentabilidade. Além disso, provoca a sociedade a se desligar do sistema capitalista, onde a lucratividade está acima de tudo, em que a solidariedade, os valores e a justiça social são totalmente desconsiderados.

Uma educação ambiental que forme a nova consciência de produção e consumo é a base de uma sociedade que valoriza mais a vida que o capital, que compreende que a Terra não precisa de nossa espécie, nós é que precisamos dela (MANSOLDO, 2012 p.37).

2.3 Gerenciamento dos Resíduos no Serviço Público

De acordo com Ruppenthal (2014), o sistema de gestão ambiental (SGA) é um conjunto de procedimentos que visa ajudar a organização empresarial a entender, controlar e diminuir os impactos ambientais de suas atividades, produtos ou serviços. Baseado no cumprimento da legislação ambiental vigente e na melhoria contínua do desempenho ambiental da organização.

Nesse contexto, tem-se que a gestão ambiental é definida como um processo onde ações articuladas, entre os diferentes agentes sociais, são desenvolvidas objetivando adequar os meios de

exploração dos recursos naturais, econômicos e socioculturais, baseados em princípios e diretrizes definidos previamente (ALMEIDA, 2005).

A unidade que se compromete a gerir suas práticas voltadas a conscientização e preservação do meio ambiente, tem como propósito tornar suas atividades sustentáveis, mas essas atitudes não devem ser passageiras, e sim de forma gradual e contínua. Para conseguir gerir de forma ambiental é necessário que a instituição conheça os aspectos e impactos ambientais que as atividades geradas ali causam ao meio ambiente, pois a partir dessa averiguação que o plano pode ser desenvolvido.

Estudos realizados em 2010, apontaram que no serviço público de saúde no setor odontológico, os profissionais não se mostram preocupados com o meio ambiente, tão pouco em relação aos fatores relacionados a poluição que os materiais da área podem causar a natureza (Bohner et al., 2013). Independente do setor que o serviço público se relacione, a consciência individual de que os cuidados e a preservação do meio ambiente seja executado é a garantia de que a gestão para melhoria dos encargos postos a natureza terá resultado.

O SGA pode começar a partir do planejamento de metas, objetivos, métodos e procedimentos, ligados a execução das tarefas planejadas, buscando verificar os resultados destas, para agir de modo corretivo ou aperfeiçoando-o quando necessário. A gestão de resíduos sólidos passa a ser necessidade sob o ponto de vista sanitário, econômico, ambiental e social.

Diante da multiplicidade dos diferentes níveis de realidade ou domínios da existência, é mister que estejamos sentindo a responsabilidade de cooperarmos na construção de um mundo melhor onde a vida seja favorecida, abraçando um humanismo dialógico, onde o ser humano seja parte, coautor e cooperador nos processos de recuperação e manutenção de um equilíbrio ecológico harmônico (REIS, 2011).

Proporcionar a gestão dos resíduos sólidos no serviço público trata-se de tarefa difícil, pois não existem formas e modelos escritos, nem a garantia de que o sucesso por sua unanimidade será alcançado. Assim, necessita da percepção de que todos conheçam a importância do assunto, que sua atuação seja significativa e que exista persistência tanto dos que elaboraram o plano de gestão ou o SGA.

Infelizmente para o serviço público em instituições, a exemplo das de ensino, não existe uma legislação que regulamenta o uso dos resíduos sólidos, órgão que possa fazer o controle da gestão, da disposição final destes resíduos, sua quantificação e qualificação. Contudo, há projetos desenvolvidos nas instituições de ensino que buscam a compensação dessa falta de legislação, ou seja, são desenvolvidos planos de ação para os envolvidos voltados às questões ambientais.

Desenvolvido no estado da Bahia, o projeto “Utilixo” foi elaborado e executado para atender as questões ambientais em escolas municipais, buscou mostrar a problemática da geração dos resíduos sólidos na instituição, e soluções adequadas para a mitigação dos problemas, uma das metas que a gestão ambiental tenta causar a comunidade trata-se da sensibilização dos envolvidos e foi possível notar isso nessa ação desenvolvida (SOUZA et al., 2013).

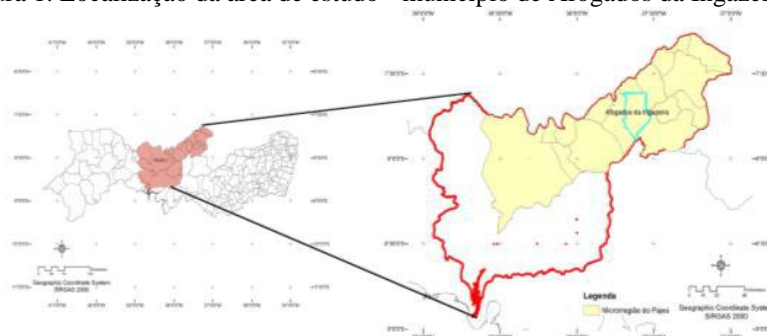
Quando analisamos os benefícios que o gerenciamento dos resíduos sólidos pode causar, observa-se que não estão ligados somente a natureza, existe uma série de fatores que fazem relação com a diminuição dos custos da instituição, a lucratividade, o aprendizado dos participantes, o

reconhecimento da instituição, o comprometimento integral da empresa. A reciclagem dos resíduos sólidos é um dos exemplos de gestão que uma empresa pode aderir, em que de acordo com estudo realizado em 2010 pelo IPEA, o Brasil perdeu anualmente (IPEA, 2010).

3 METODOLOGIA

No estado de Pernambuco a Região do Sertão do Pajeú, possui área de 8.689,7 km², dividido entre 17 municípios, perfazendo uma população de mais de 297.494 habitantes. Esta região caracteriza-se por possuir todos os elementos de uma região semiárida, em que se destacam as temperaturas elevadas, chuvas escassas e mal distribuídas, rios temporários, vegetação xerófila e complexidade social. A pesquisa foi realizada na cidade de Afogados da Ingazeira (Figura 1), considerada uma das maiores da região, com uma população de 36.547 habitantes e área de 377,863 km².

Figura 1. Localização da área de estudo - município de Afogados da Ingazeira/PE



3.1 Área de Estudo

A área de estudo se deu no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco *campus* Afogados da Ingazeira, localizado no sertão do Pajeú, no município de Afogados da Ingazeira. Disposto de um total de terreno 200.000,00 m², atualmente, área construída possui 3.387,55 m², total da expansão a ser construída 1.796,70 m², conforme mostra a Figura 2.

Figura 2. Planta baixa do *campus* Afogados da Ingazeira-PE após conclusão da expansão



Atualmente, o *campus* dispõe de: servidores administrativos (32), docentes (50) e terceirizados (39), totalizando uma população interna de 121 pessoas. A referida instituição de ensino constitui-se de setores administrativos divididos em 05 blocos, conforme apresenta a Quadro 1.

Quadro 1. Distribuição dos setores administrativos

Bloco	Setor	Sigla
A	Coordenação de Gestão de Tecnologia da Informação	CGTI
	Sala dos Professores	SP
	Chefia de Gabinete / Assessoria da Direção de Ensino	CG
	Direção Geral	DG
	Direção de Ensino/Assessoria Pedagógica	DEN
	Biblioteca	BB
B	Coordenação de compras e Licitação/Coordenação de Contratos	CCL
	Coordenação de Administração	CAD
	Divisão de Execução Orçamentária e Financeira	DEOF
	Coordenação de Gestão de Pessoas	CGPE
	Coordenação de Gestão de Registro Acadêmico	CGRA
	Laboratório de Análise Sensorial	LAS
C	Sala de Agroindústria	STA
	Unidade de Processamento de Frutos e Hortaliças	UPF
	Unidade de Processamento de Leite e Derivados	UPL
	Unidade de Processamento de Massas	UPM
E	Laboratório de Físico-Química	LFQ
	Laboratório de Microbiologia	LMB
	Laboratório de Topografia/ Hidráulica/ Comissão de Obras	LTH

3.2 Acompanhamento do Gerenciamento

Para a instituição de ensino foi proposto um plano para acompanhamento das ações de gerenciamento do *campus*. Para tal, utilizou-se como instrumento coletores seletivos para cada setor e por meio deste, verificou-se o nível de educação ambiental, quantitativo dos resíduos e diversidade que eram gerados nos setores. O período de estudo foi de março a dezembro de 2016, contemplando as seguintes etapas:

1ª Etapa – Coletas de dados e Orientação: nesta etapa foi realizada o reconhecimento da estrutura física e social da instituição para melhor adaptar as atividades a serem desenvolvidas; apresentação da proposta de estudo aos setores; observação e análise comportamental quanto ao grau de interesse em apoiar como colaborador direto no estudo, além da maneira de pensar e agir em relação aos resíduos que eram gerados em seu ambiente de trabalho. Assim, a coleta de dados foi baseada em informações direcionadas às características dos setores e os servidores relativo a geração de resíduos e a sua heterogeneidade. Baseado neste conjunto de dados, nesta etapa também foi entregue coletores construídos e projetados para cada setor em estudo, contendo emblema, nome, código e peso do recipiente para sua devida identificação. Desse modo, foi possível correlacionar a percepção ambiental dos servidores no seu ambiente de trabalho ao depositar os resíduos nos locais indicados.

2ª Etapa - Geração e Monitoramento: visando observar o comportamento dos servidores no processo de gerenciamento de resíduos gerados no seu local de trabalho, foi implantado coletores e estes eram recolhidos semanalmente, ou antes, caso houvesse necessidade, uma vez que foi entregue cartões com informações de e-mail e contato telefônico dos projetistas, para que os servidores pudessem comunicar

a necessidade da coleta. Os coletores estavam associados ao grau de instrução ambiental em realizar o depósito correto de cada resíduo gerado. Durante o período de monitoramento quantitativo e qualitativo dos resíduos, foi realizada instrução da educação ambiental e interveniências no cotidiano dos servidores. Nessa fase, também foi realizada a comparação dos coletores acondicionantes adotados e o tempo de coleta. Ainda ocorreu a sintetização dos materiais e seus respectivos pesos obtidos, em que foram processados para melhor explorar os dados coletados, estes foram disponibilizados graficamente por meio do Excel, sendo possível serem visualizados por setores, as coletas e sua respectiva pesagem.

3ª Etapa - Destino Final: fase destinada a observação e estudo do procedimento de destinação adotado pelo *campus* quanto às especificidades dos resíduos gerados. Além do estudo, foi realizada apresentação do conjunto de resultados obtidos, tendo como objetivo transmitir aos servidores o quantitativo de resíduos gerados e sensibilizá-los quanto a necessidade de melhor gerir o consumo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados de acordo com as etapas de: coletas de dados e orientação, geração/monitoramento e destinação final. Nas expressões gráficas no eixo horizontal representa o número de coletas realizadas e no eixo vertical o peso obtido em gramas.

4.1 Resultado da Coleta de Dados e Orientações

Durante a execução de coleta de dados iniciais, começou um processo de orientação aos servidores sobre a importância do conhecimento sobre a falta de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (RS) através de conversas, destacando o reflexo nos danos ao meio ambiente. Na proposta de acompanhamento do gerenciamento dos resíduos sólidos, a contextualização com a problemática dos resíduos foi estratégica, para que os servidores compreendessem a caracterização da localidade.

Observou-se que alguns servidores mencionavam possuir um conhecimento prévio, então buscou-se trabalhar no aperfeiçoamento dos conhecimentos já existente sobre o tema, de forma que a interação fosse positiva para alcançar resultados significativos para o projeto.

[...] o conhecimento novo supera o outro, que antes foi novo e se fez velho e se dispõe a ser ultrapassado por outro amanhã. Daí que seja tão fundamental conhecer o conhecimento existente quanto saber que estamos abertos a produção do conhecimento ainda não existente (REIS, 2011).

Ainda durante a etapa de orientação, foi necessário a adaptação dos servidores, com a intensa persistência e conscientização a respeito da importância do descarte adequado e da colaboração para mostrar algo tão pertinente no serviço público de ensino que é a geração de resíduos sólidos. Dessa forma, o obstáculo foi tentar criar uma percepção crítica construtiva a respeito de seus atos com a natureza, sendo assim e onde quer que seja o meio que esteja, utilizará da educação ambiental.

Nesse sentido, observou-se que a educação ambiental (EA) deverá ser uma ação estratégica constante para a mitigação das dificuldades impostas ou limitações pré-existentes no âmbito local de trabalho. Tornar contínuo a distribuição de informações importantes sobre EA que podem estar sendo

executadas cotidianamente no ambiente de trabalho, são formas representativas e significativas para a melhoria da relação entre o consumo consciente e alternativo do material gerado no ambiente de trabalho.

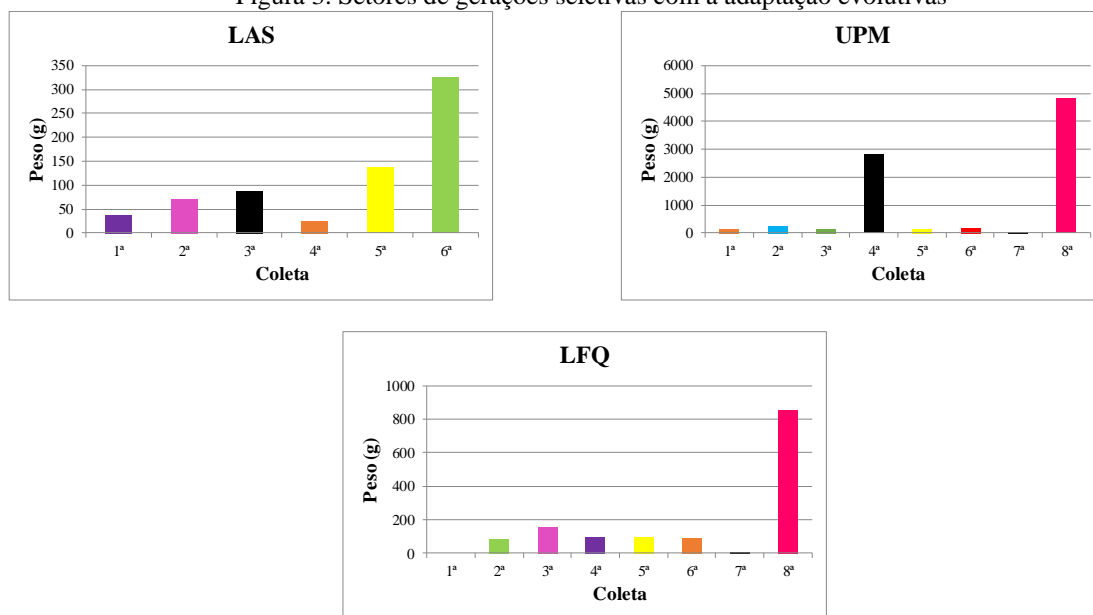
A interação da comunidade acadêmica com a proposta de estudo sobre o gerenciamento dos resíduos foi de fundamental importância, pois nenhum projeto segue adiante sem auxílio dos maiores interessados. Permitir que estes conheçam sobre um assunto tão relevante, possibilita uma troca de conhecimento/sugestões e busca meios e alternativas sustentáveis.

4.2 Geração e Monitoramento

O desenvolvimento econômico, o crescimento da população, o processo de urbanização e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por mudanças no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da sociedade (ARAÚJO, 2017). Durante o período de monitoramento dos resíduos gerados nos setores do *campus*, obteve-se um conjunto de resíduos, em que se destacam: o papel e suas derivações, plásticos e suas derivações, isopor, pilhas, baterias, material eletrônico e orgânicos.

Analisando a geração de resíduos por setores, observou-se que para um grupo de setores (LAS, UPM e LFQ) houve resistência inicial de adaptação em adotar as orientações, porém à medida que ocorriam as coletas e conscientização ocorreu o acréscimo (Figura 3), ou seja, com o tempo os servidores estavam adaptados em colocar no coletor seletivo os resíduos especificados e o quantitativo de depósito aumentava a cada coleta.

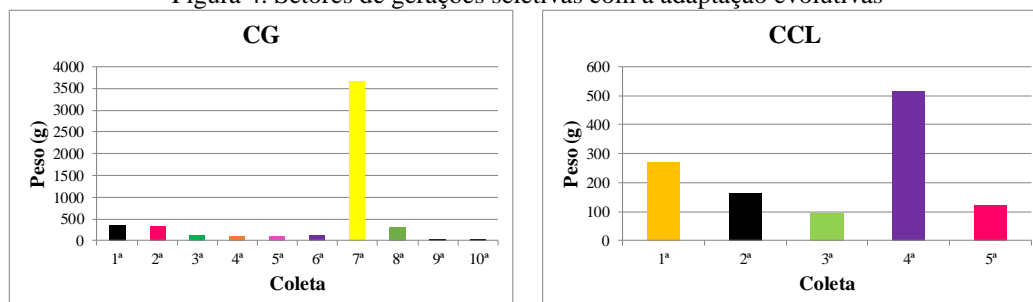
Figura 3. Setores de gerações seletivas com a adaptação evolutivas



Resultante da adequação ao projeto e contribuição para os resultados, no que diz respeito ao acondicionamento correto dos resíduos em seu respectivo contêiner, outro fato a relatar refere-se que esses setores apresentaram somente acréscimo em sua geração quando ocorria atividades práticas. Analisando um outro conjunto de setores (DG, CCL, LTH, UPL, DEOF e CG), onde o material de maior geração era o papel, notou-se que a quantidade de resíduos se reduziu com o passar do tempo. Essa observação foi feita devido o gerenciamento desse material produzido, em que os servidores

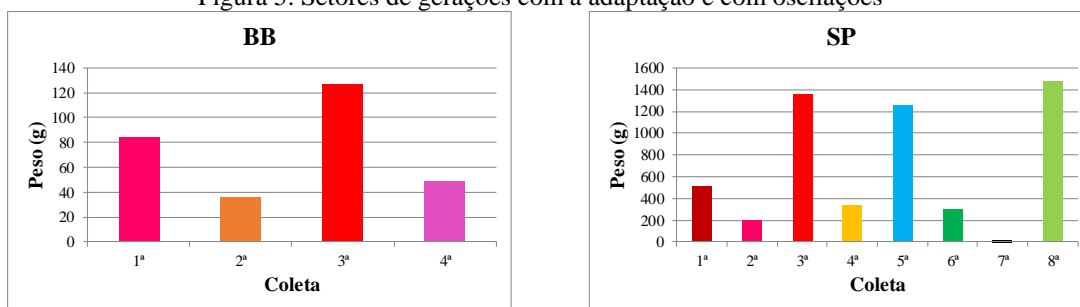
faziam a sua reutilização. Isso aconteceu mediante a nova visão sobre o que era descartado e a conscientização constante que foram realizadas. Ainda se observou que, em especial nos setores de CG e CCL (Figura 4) apresentaram acréscimo repentino na produção dos resíduos sólidos por participarem de atividades específicas que acarretou na elevação da produção.

Figura 4. Setores de gerações seletivas com a adaptação evolutivas



Quanto ao grupo de setores observado na Figura 5, tem-se que o peso das coletas se observou uma oscilação. Para o setor Biblioteca (BB), que embora não se esperasse produção de resíduos por trabalharem praticamente com programas computacionais, ocorreu geração. Todavia, o setor da Sala dos Professores (SP), onde circulam aproximadamente 50 servidores docentes, com uma expectativa de quantidades de resíduos grande, não foi observada, fato associado ao processo e orientação de EA já existente.

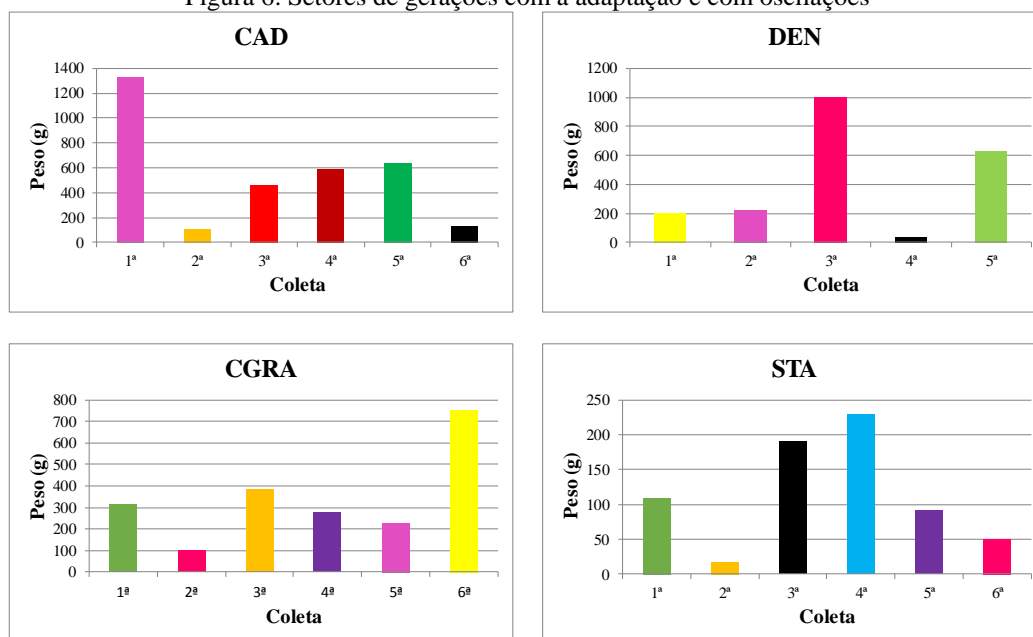
Figura 5. Setores de gerações com a adaptação e com oscilações



E, em contrapartida, os setores como CAD, DEN, CGRA e STA que aproximadamente trabalham de 02 a 05 servidores por sala, obteve-se que a produção relativamente alta, ao que se esperava, conforme mostra a Figura 6.

Assim, para estes setores, pode-se afirmar que os dados observados diz respeito a rotina de trabalho e a sequência das atividades que eles desenvolviam de acordo com o tempo, a exemplo, as produções elevadas nos setores laboratoriais dava-se pelos trabalhos práticos que eram executados, na parte da administração, se tinha momentos como contratações, renovações, licitações, períodos de provas, etc. Isso significa dizer que, embora os gráficos mostre momentos de produções altas e baixas, não implica dizer que os servidores não se ateu a cooperação no projeto e obtiveram consciência de seus atos e optaram por mudanças e adaptações, quer dizer que esses momentos ocorreram por necessidade de cada função que assumia.

Figura 6. Setores de gerações com a adaptação e com oscilações



4.3 Destinação Final

Relativo ao estudo dentro do *campus*, deve-se destacar que mesmo não possuindo um sistema de gestão ambiental, e grande parte dos servidores não apresentarem consciência de suas atitudes em relação ao meio ambiente, todos os cursos ofertados pelo *campus* de alguma forma, aborda o meio ambiente e suas necessidades de atenção e cuidado. A exemplo, a geração consciente dos resíduos, reutilização, reciclagem, compostagem e a educação ambiental compõem a matriz curricular principal de dois cursos ofertados (Técnico Integrado e Subsequente em Saneamento e Técnico em Agroindústria). A presença de contêineres distribuídos no território da instituição facilita no acondicionamento e separação dos resíduos destinados a reciclagem. Durante todo o monitoramento não foi observado o encaminhamento correto dos resíduos gerados, principalmente as pilhas e baterias. Ainda se soma ao fato que o município não possui aterro sanitário e parcerias da instituição com empresas recicladoras também não foram ainda consolidadas.

5. CONCLUSÕES

A educação ambiental considerada um dos pilares do desenvolvimento sustentável, contribui para despertar nos indivíduos o desejo de participar da construção de sua cidadania. Inserir-la como a atividade prática dentro do serviço público de ensino será um desafio até ser compreendida como essencial para redução de gastos no serviço público e, principalmente na efetivação da sustentabilidade dentro da instituição.

A necessidade de implantação de um SGA na instituição passa a ser essencial, para o desenvolvimento de ações concretas com o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados. Para os resíduos gerados na instituição de ensino a reciclagem é uma das alternativas de tratamento mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental como do social. Ela reduz o consumo de recursos

naturais, poupa energia e água e ainda diminui o volume de resíduos e a poluição. Além disso, quando há um sistema de coleta seletiva bem estruturado, a reciclagem pode ser uma atividade econômica rentável. Pode gerar emprego e renda para as famílias de catadores de materiais recicláveis, que devem ser os parceiros prioritários na coleta seletiva.

O incentivo aos colaboradores serviu como meio importante para o estudo, uma vez que embora tenham ocorrido dificuldades ao longo do estudo, foram mitigadas pelos envolvidos, servidores e integrantes. As instituições precisam de projetos de gestão contínuos e não temporários. É preciso que os envolvidos sintam segurança que dará certo e trará resultado significativo, tanto para o ambiente de trabalho, quanto, principalmente, para o meio ambiente.

A experiência obtida por esse trabalho além de gratificante foi muito importante na contribuição de estudos, remotos, que são os de controle do quanto o setor público gera de resíduos sólidos, esse trabalho serve como modelo para que outras empresas possam conhecer sua relação com a natureza e ainda para que os órgãos públicos se atentem para assuntos relevante, como o de controle da geração dos resíduos no serviço público.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. et al. **Política e Planejamento Ambiental**. Rio de Janeiro: Thex, 2005. 480p.

ARAÚJO, E. P. et al. Monitoramento de células experimentais de resíduos sólidos urbanos no município de Campina Grande-PB. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 8., 2017, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cartilha da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P)**. 5ª ed. Brasília – DF, 2009.

BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 27 abr. 1999. Seção 1, p. 138.

BOHNER, L. O. L.; BOHNER, T. O. L.; ROSA, M. B. Aspectos legais no gerenciamento resíduos sólidos de serviços de saúde. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8. 2013.

CMMAD. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD). **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988, 46p.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasil perde R\$ 8 bilhões anualmente por não reciclar. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=1170>. Acesso em: 02 maio 2017.

MANSOLDO, A. **Educação ambiental na perspectiva da ecologia integral: como educar neste mundo de desequilíbrio?**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012. 85p.

PELICIONI, M. C. F. **Educação Ambiental em diferentes espaços**. São Paulo: USP, 2007.

UNIGRANRIO. **Projeto Escola Verde: educação, saúde e meio ambiente/** Coordenação e revisão Carlos Henrique de Freitas Burity. - Rio de Janeiro: Bayer; UNIGRANRIO, 2012. 36p.

REIS, E. S.; CARVALHO, L. D. **Educação contextualizada: fundamentos e práticas**. Juazeiro-BA: RESAB, 2011. 197p.

REIS, E. S.; NÓBREGA, L. S.; CARVALHO, L. D. **Educação e convivência com o Semiárido Brasileiro: reflexões por dentro da UNEB**. Juazeiro-BA: RESAB, 2011. 173p.

REIS, L. C. L.; SEMÊDO, L. T. A. S.; GOMES, R. C. Conscientização Ambiental: da Educação Formal a Não Formal. **Revista Fluminense de Extensão Universitária**, Vassouras, v. 2, n. 1, p. 47-60, jan/jun., 2012.

RUPPENTHAL, J. E. **Gestão ambiental**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria Rede e-Tec Brasil, 2014. 128p.

SOUZA, G. S. et al. Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. **Revbea**, Rio Grande, v. 8, n. 2, p. 118-130, 2013.

Capítulo 5. Boas Práticas

Neste capítulo serão apresentados artigos que evidenciam exemplos de boas práticas de economia circular na gestão de resíduos sólidos. Os trabalhos foram realizados em diferentes contextos e setores da economia tradicional, como exposto a seguir.

5.1 PROPOSTA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA PARA FRIGORÍFICOS: ESTUDO DE CASO EM BOM SUCESSO - PB

SOUSA, Erick Ferreira de

Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
efdesousa94@gmail.com

SILVA, Manoel Mariano Neto da

Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
mariano.paiva@ufersa.edu.br

VALONES, Gabriela

Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA)
gabriela.valones@ufersa.edu.br

RESUMO

Os frigoríficos são responsáveis pela produção e comercialização de proteína animal, sendo um setor responsável por significativos impactos ambientais, na forma de poluição atmosférica, lançamento de efluentes ou falta de gestão de resíduos sólidos. Para mitigar os impactos ambientais devem-se adotar técnicas de tratamento dos efluentes, destinação adequada dos resíduos sólidos, políticas de reúso e redução de utilização de matérias-primas. O presente trabalho objetivou propor um programa de produção mais limpa para um abatedouro/frigorífico localizado no município de Bom Sucesso/PB, através de visita in loco com aplicação de entrevista a fim de obter dados primários e secundários. Com a pesquisa pode-se obter informações sobre a produção, o consumo de água e energia, a destinação final dos rejeitos. Por fim se nota que a empresa não se enquadra nas determinações legais referentes a destinação dos resíduos sólidos e efluentes, o que pode gerar impacto ambiental ao ecossistema em que o município está inserido.

PALAVRAS – CHAVE: Resíduos Sólidos, Lixão, Economia Circular.

1. INTRODUÇÃO

A revolução industrial proporcionou um sistema de produção baseado na extração de recursos naturais e transformação dos mesmos em bens de consumo, porém com recursos finitos e com legislações voltadas ao controle da poluição, as empresas têm buscado maneiras de produção ambientalmente correta, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Com as indústrias alimentícias não é diferente, principalmente os frigoríficos, pois são responsáveis pela produção e comercialização de proteína animal, seja para consumo nacional ou internacional. Dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC apontam que nos meses de janeiro e fevereiro do corrente ano foram exportados 216.423 toneladas de carne bovina, que resultou em um montante de US\$ 846.279 (ABIEC, 2017). Os frigoríficos são um setor de grande produção e exportação, e também um dos setores responsáveis por significativos impactos ambientais, na forma de poluição atmosférica, lançamento de efluentes ou falta de gestão de resíduos sólidos.

Para Bustilo-Lecompte e Mehrvar (2017) as transformações que visam proteção ambiental e práticas sustentáveis corroborados com a fiscalização e/ou redução de custos com a destinação dos resíduos têm levado as indústrias de produção de carne a utilizarem métodos que proporcionem o tratamento dos efluentes líquidos advindos das atividades de matadouros, sendo estes considerados danosos ao meio ambiente, pois apresentam carga orgânica concentrada, e quando em contato com corpos hídricos diminuem as concentrações de oxigênio dissolvidos e aumentam os valores de demanda bioquímica de oxigênio. A geração de rejeitos no beneficiamento da carne animal em matadouros e frigoríficos se constitui em significativo impacto ambiental, para Santagata, Ripa e Ulgiati (2017) o crescimento do setor de frigoríficos está diretamente relacionado ao aumento da geração de resíduos sólidos, que ocasiona um problema antigo: a disposição adequada do lixo.

A aplicação de instrumentos para a mitigação de impactos ambientais oriundos da atividade de frigoríficos e matadouros deve englobar técnicas de tratamento dos efluentes, destinação adequada dos resíduos sólidos, políticas de reuso e redução de utilização de matérias-primas. Um relevante instrumento da gestão ambiental é a Produção mais Limpa – P+L, uma estratégia que visa a proteção ambiental, a análise do ciclo de vida dos produtos e as fases do processo produtivo.

Quando empregada proporciona as empresas melhorias econômicas. Vieira e Amaral (2016) apontam que a produção mais limpa é adotada pelos estabelecimentos com intuito de adequação às exigências legais, além de proporcionar melhorias no processo produtivo através de práticas sustentáveis; produção com menor utilização de matéria prima e redução de custos ambientais. Os autores propõem que os conhecimentos acerca da produção mais limpa sejam difundidos entre a sociedade, a comunidade acadêmica, as empresas e os governos.

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou propor um programa de produção mais limpa para um abatedouro/frigorífico que proporcione ao empreendimento medidas para adequação ambiental, além de analisar a geração de resíduos sólidos e se sua destinação final se encontra de forma correta como previsto em legislações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com base na Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no Art. 3º, inciso XVI, define resíduos sólidos como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, [...]”. A Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como:

Resíduos no estado sólido e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviáveis o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de águas, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Ainda de acordo com a NBR 10.004/2004 (ANBT, 2004), os resíduos sólidos são classificados em Perigosos (classe I), Não perigosos (Classe II), subdivididos em não inertes (classe II-A) e inertes (classe II-B). Essa classificação é baseada na identificação do processo de origem e nos constituintes presentes nos resíduos. Os Perigosos (Classe I) são os que apresentam periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

As atividades de frigorífico e abatedouros se enquadram como agroindustrial cujos resíduos gerados são vísceras, restos de carne e ossos, pele, penas, sangue e gorduras. Esses resíduos podem ser reaproveitados e transformados em subprodutos de uso humano, animal e industrial (PACHECO, 2008). Os restos gerados apresentam um elevado valor de matéria orgânica e a sua disposição de forma inadequada acarreta impactos ambientais, além de gerar odores desagradáveis e proporcionar a proliferação de insetos e roedores.

Infelizmente a realidade no nosso país ainda é de disposição inadequada de resíduos sólidos, principalmente nos vazadouros a céu aberto, mais conhecidos como lixões. Conforme dados da ABRELPE (2015) o crescimento da economia e da população tem acarretado um aumento na geração per capita de resíduos sólidos, que no ano de 2015 atingiu o valor de 218.874 toneladas/dia. No tocante à disposição 42,6 milhões de toneladas foram encaminhadas a aterros sanitária, ao passo que 30 milhões de toneladas foram dispostos em lixões ou aterros controlados. Estima-se que 3.326 municípios brasileiros utilizam locais inadequados para descarte dos resíduos sólidos.

Algumas legislações brasileiras objetivam minimizar e/ou mitigar os efeitos adversos advindos das atividades humanas sobre o meio ambiente. A lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) que trata sobre a PNRS traz a ideia de gerenciamento de resíduos sólidos como um conjunto de ações voltadas às etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada aos resíduos, além de outros conceitos como coleta seletiva, logística reversa, reciclagem, reutilização, responsabilidade compartilhada, todos com o objetivo de prevenir a poluição e proporcionar o desenvolvimento sustentável.

A lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007) estabelece diretrizes para o saneamento básico tendo como um dos seus princípios a limpeza urbana e o manejo resíduos sólidos com o objetivo de proporcionar a salubridade ambiental. A lei 9.605/1998 imputa como crime ambiental o lançamento de resíduos

sólidos em desacordo com as exigências legais (BRASIL, 1998). Entretanto para se destinar de forma adequada é necessário conhecer as maneiras ambientalmente adequadas de dispor os rejeitos.

Para a lei 12.305/2010 a destinação final ambientalmente adequada é a disposição ordenada de rejeitos em aterros, porém nesse processo inclui-se a reciclagem, reutilização, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético, com o intuito de levar ao aterro somente o que não tem mais utilidade nem retorno financeiro. Como destinação final de rejeitos tem-se os aterros sanitários, aterros controlados e os vazadouros (lixões) a céu aberto. O aterro sanitário é a melhor forma de dispor os rejeitos pois é uma maneira de dispor no solo, sem trazer prejuízos a saúde pública e a segurança, além de minimizar os impactos ambientais, onde se utiliza princípios de engenharia para acomodar os resíduos numa menor área possível de forma compactada (ABNT/NBR 8419, 1992).

Entretanto deve-se ter em mente que o uso dos recursos naturais traz, por conseguinte a geração de resíduos, o que demanda mais espaço para alocação dos mesmos, portanto, carece buscar meios de diminuir a geração e conseqüentemente a demanda por espaços para depositá-los. Ribeiro e Kruglianskas (2014) afirmam que a geração de resíduos se dá de duas maneiras: nas etapas da cadeia produtiva quando já não podem mais ser incorporados ao processo e assim perdem valor econômico, e em seguida os resíduos gerados pós-consumo. Em vista desse cenário é necessário que medidas qualitativas e quantitativas sejam usadas em conjunto com o objetivo de reduzir consumo de recursos naturais e elevar ao máximo o reaproveitamento dos resíduos gerados, para tanto surge a proposta de economia circular (RIBEIRO E KRUGLIANSKAS, 2014).

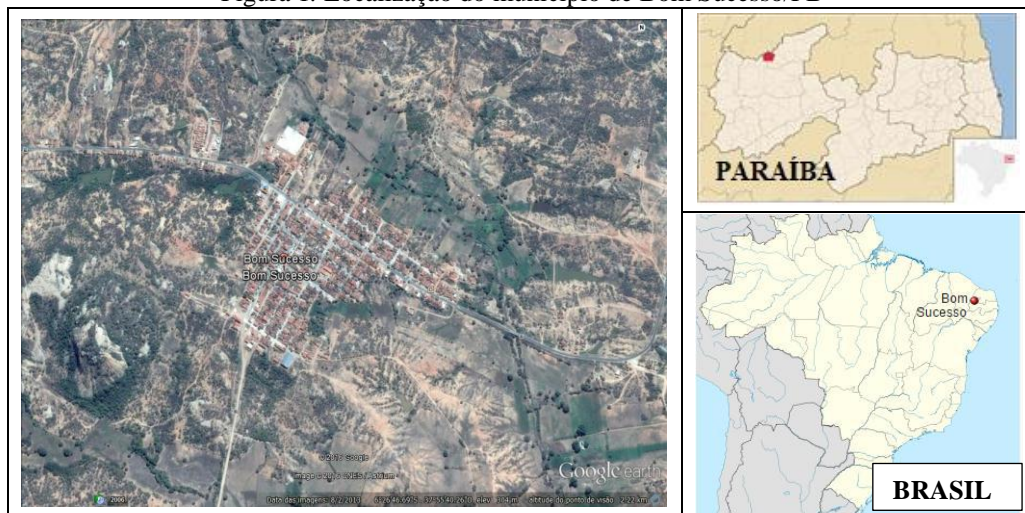
Para Geng et al. (2012) a preocupação com encargos ambientais tem levado as indústrias a adotarem medidas ambientalmente corretas, como a economia circular, um conceito originário da ideia de desenvolvimento eco industrial, que visa proporcionar saúde ambiental e econômica, incorporando parcerias entre empresas com o intuito de manter um ciclo fechado no que se refere ao fluxo de material, simulando o ecossistema natural. Esse conceito foi desenvolvido ao se utilizar análises entre sistemas econômicos e naturais (Su et al., 2013), Ma et al. (2014) relacionam a economia circular com um modo de desenvolvimento econômico ambientalmente correto, com prevenção de poluição e com intuito de facilitar o desenvolvimento sustentável.

Azevedo (2015) apresenta a economia circular, também chamada de economia restaurativa, como um conceito advindo da década de 70, que tem como princípio romper com o sistema linear (extrair – transformar – descartar) advindo da revolução industrial, utilizado pela maioria dos empreendimentos, e implantar um modelo onde a matéria circule na cadeia produtiva sem perder seu valor econômico, além de dividir os materiais em biológicos, retornáveis à natureza, e técnicos que podem ser reaproveitados. A Ellen MacArthur Foundation (2017) apresenta três princípios para a economia circular: preservar e aumentar o capital natural através de processos que utilizam recursos naturais ou de melhor desempenho; otimizar rendimentos através da reciclagem, reutilização, remanufaturamento, com o intuito de manter os materiais circulando; e por fim o fator de eficácia do sistema com a redução e o gerenciamento de danos ao meio ambiente e ao ser humano.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Bom Sucesso situa-se na região oeste do sertão Paraibano, na microrregião de Catolé do Rocha (Figura 1). Faz fronteiras ao norte com as cidades de Alexandria/RN e Brejo dos Santos/PB, ao leste com Brejo dos Santos/PB e Jericó/PB, ao sul com Lagoa/PB e ao oeste com Alexandria/RN e Santa Cruz/PB. Criado pela lei 3.049 de 17 de Junho de 1963 e instalado em 02 de agosto de 1963. Bom Sucesso/PB possui uma área de 184,102 km² e uma população de 5.035 habitantes de acordo com o último censo de 2010 possuindo uma densidade demográfica de 27,35 hab/km² de acordo com IBGE (2017).

Figura 1. Localização do município de Bom Sucesso/PB



Fonte: Adaptado do Google Earth (2017).

O estudo em questão se desenvolveu em um frigorífico localizado no município de Bom Sucesso/PB onde além da comercialização da carne, o próprio empreendimento faz também o abate de bovinos, suínos e caprinos (Figura 2). Foi realizada visita in loco com a finalidade de aplicar entrevista, bem como, levantar dados primários e secundários.

Figura 2. Fotos do frigorífico (área de comercialização de produtos)



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

O frigorífico situa-se na área central da cidade, em funcionamento desde 2012 e caracteriza-se como uma microempresa em conformidade com a Lei Complementar 123, de 14 de dezembro de 2006. No estabelecimento são comercializadas carnes de origem bovina, suína e caprina. O abate é também feito pelo empreendimento, além da atividade de revenda carnes de aves, peixes, derivados de leite, e subprodutos advindos da carne como: mortadela, salsicha, linguiça, entre outros. Possui um quadro fixo de funcionários com funções definidas de atuação no empreendimento (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de funcionários e descrição de funções

Nº Funcionários	Descrição das atividades
01	Gerenciamento do empreendimento e atendimento aos clientes
03	Abate de bovinos
01	Abate de suínos e caprinos
02	Limpeza de pisos e paredes

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O frigorífico comercializa por semana 1000 kg de carne bovina, 80 kg de carne caprina e 500 kg de carne suína, sendo estas carnes produzidas no próprio frigorífico, que é responsável desde a criação dos animais até seu abate e comercialização. Semanalmente é necessário o abate de três cabeças de boi, quatro carneiros e seis a oito porcos.

O consumo de energia da empresa é aproximadamente de 1900 a 2000 KW/mês, tendo em vista o grande número de maquinários (freezer, balança, lâmpadas, câmara fria, fatiadores, congeladores) que demandam energia elétrica para seu funcionamento. O consumo de água é cerca de 8000 litros por semana. Percebe-se um grande volume de água utilizada nos processos produtivos, logo a geração de efluentes é bem significativa.

Os resíduos sólidos gerados possuem características de lixo comercial, com presença de resquícios seco e úmido. Os resíduos gerados no processo de abate e comercialização são ossos e restos de carne que não são comercializados, já os demais resíduos são papéis, papelão, plásticos e embalagens em geral. A destinação desses resíduos é o vazadouro a céu aberto localizado no próprio Município, onde o resíduos são dispostos sem segregação. No local de disposição, além de carcaças de animais, notou-se a presença de resíduo domiciliar e entulhos da construção civil (Figura 3).

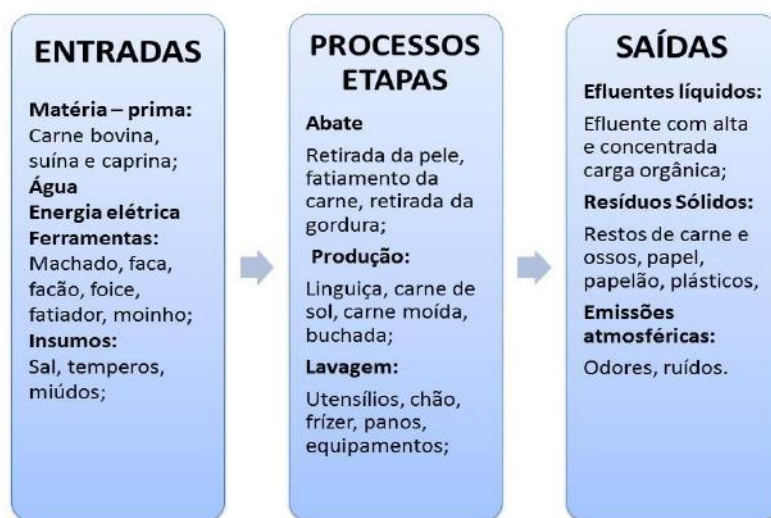
Figura 3. Disposição de resíduos da atividade de abate no lixão de Bom Sucesso/PB



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

As peles dos bovinos e caprinos são aproveitadas para comercialização com compradores locais e de outras cidades, para beneficiamento dos mesmos, na produção de bolsas, sandálias, sapatos, cadeiras. Com a gordura dos animais é feito um sistema de troca pelo frigorífico e uma produtora local, o frigorífico fornece a gordura e em troca a receptora produz sabão e devolve ao estabelecimento parte da produção do sabão. Com isso, verifica-se que mesmo sem conhecimento a direção do frigorífico adotou medidas de produção mais limpa fornecendo a outra empresa um material que para o frigorífico seria resíduo, enquanto que, para este outro empreendimento torna-se matéria prima. Além de mitigar o efeito ambiental negativo na disposição inadequada, ainda permite que se obtenha rendimento através da reutilização, possibilitando a ciclagem da matéria dentro do sistema produtivo o que preconiza a economia circular. O fluxograma de entradas, processos e saídas da empresa é apresentado (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma global da empresa



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

O consumo de água e energia do frigorífico por semana são quantitativamente altos, além da geração de efluentes (destinados sem nenhum tipo de tratamento a rede coletora de esgoto) e os resíduos sólidos enviados ao lixão (sem nenhum tipo de separação). Com isso, verifica-se a necessidade de adequações que visem melhorias ambientais. Como o objetivo da P+L é reduzir na fonte, algumas medidas podem ser adotadas pelo empreendimento, sendo que determinadas atitudes tomadas pelo estabelecimento já visam uma redução da geração de resíduos sólidos e o reaproveitamento dentro do processo produtivo a exemplo da venda da pele e da troca da gordura por sabão, a reutilização da água captada da câmara de resfriamento, sendo captada em torno de 20 L/dia, a troca de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED e a troca de 6 freezers de 1500 L por 4 de 2500 L (com a diminuição do número de freezers há a redução da demanda de água para limpeza e energia elétrica para funcionamento).

Mesmo diante das medidas empregadas, é preciso aplicar um conjunto de técnicas que tragam a empresa uma visão ambientalmente correta, principalmente no que se refere a resíduos sólidos e efluentes. É primordial a adequação às legislações aplicáveis, seja a PNRS, Lei Crimes Ambientais, ou a Resolução CONAMA 430/2011 que prevê parâmetros a serem atingidos no tratamento de efluentes. Uma política de coleta seletiva e destinação dos resíduos secos gerados na empresa seriam um

caminho viável para o problema dos rejeitos, tendo em vista que, a maioria dos restos secos é reciclável, já a questão do efluente demanda um sistema de tratamento e posterior reincorporação do efluente tratado a atividades menos nobres do processo, tomando sempre as devidas precauções, tendo em vista que a companhia de saneamento não faz a captação de efluente e posterior tratamento. O desafio é de ordem econômica, tendo em vista ser um empreendimento pequeno e enfrentando problemas financeiros devido à crise nacional.

Bustillo-Lecompte e Mehrvar (2015) apresentam em seu trabalho resultados satisfatórios obtidos em tratamentos de efluentes de indústria de carne, entretanto para se determinar uma tecnologia adequada ao tratamento devem-se conhecer as características do efluente e os parâmetros legais os quais se quer cumprir. Santagata, Ripa e Ulgiati (2017) afirmam que 40 a 50% do RS é proveniente do animal e esse resíduo possui um potencial energético que pode ser comparado ao diesel. Em seu estudo ele apresenta a conversão de resíduos sólidos em energia, que embora seja um desafio a nossa realidade, o autor apresenta como uma tríplice conquista, resolvendo problemas relacionados à segurança humana, a poluição e a geração de energia.

5. CONCLUSÕES

O empreendimento em estudo não se enquadra nas determinações legais quanto a disposição adequada dos resíduos sólidos e efluentes. É uma atividade com aspectos ambientais significativos que podem acarretar sérios impactos ambientais. Faz-se necessário para o empreendimento adequações visando uma produção ambientalmente correta, através da incorporação de ideias como produção mais limpa ou economia circular pode-se chegar a resultados satisfatórios no que se refere a diminuição dos impactos ambientais gerados, e tornar possível que pequenas empresas também contribuam para a preservação ambiental.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Norma Brasileira NBR 10.004, Classificação de Resíduos Sólidos**, 2004.

_____. Norma Brasileira NBR 8419, **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015**. São Paulo: ABRELPE 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS EXPORTADORES DE CARNE – ABIEC. **Brazilian Beef Exports**. 2017.

AZEVEDO, J. L. **A Economia Circular Aplicada No Brasil: Uma Análise A Partir Dos Instrumentos Legais Existentes Para A Logística Reversa**. In: XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, v. 11. 2015.

SU, B.; HESHMATI, A.; GENG, Y.; YU, X. A Review Of The Circular Economy In China: Moving From Rhetoric To Implementation. **Journal of Cleaner Production**. v. 42, p. 215-227, 2013.

BRASIL, **Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n^{os} 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de

1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. 2007.

BRASIL, **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. 2010.

BRASIL, **Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. 1998.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHVAR, M. Slaughterhouse Wastewater Characteristics, Treatment, And Management In The Meat Processing Industry: A Review On Trends And Advances. **Journal of Environmental Management**. v. 161, p. 287-302, 2015.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHVAR, M. Treatment Of Actual Slaughterhouse Wastewater By Combined Anaerobic–Aerobic Processes For Biogas Generation And Removal Of Organics And Nutrients: An Optimization Study Towards A Cleaner Production In The Meat Processing Industry. **Journal of Cleaner Production**. v. 141, p. 278-289, 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, **Economia circular**. 2017.

GENG, Y.; FU, J.; SARKIS, J.; XUE, B. Towards A National Circular Economy Indicator System In China: An Evaluation And Critical Analysis. **Journal of Cleaner Production**. v.23, p. 216-224, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Bom Sucesso, Paraíba**. 2017.

_____. **Bom Sucesso, Paraíba**. 2010.

MA, S.; WEN, Z.; CHEN, J.; WEN, Z. Mode Of Circular Economy In China's Iron And Steel Industry: A Case Study In Wu'an City. **Journal of Cleaner Production**. v. 64, p. 505-512, 2014.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo : CETESB (Série P + L), 2008.

RIBEIRO, F. de M.; KRUGLIANSKAS, I. **Economia Circular No Contexto Europeu: Conceito E Potenciais De Contribuição Na Modernização Das Políticas De Resíduos Sólidos**. In: XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA). São Paulo (2014).

SANTAGATA, R.; RIPA, M.; ULGIATI, S. An Environmental Assessment Of Electricity Production From Slaughterhouse Residues. Linking Urban, Industrial And Waste Management Systems. **Applied Energy**. v. 186, p. 175-188, 2017.

VIEIRA, L. C.; AMARAL, F. G. Barriers And Strategies Applying Cleaner Production: A Systematic Review. **Journal of Cleaner Production**. v. 113, p. 5-16, 2016.

5.2 OPERACIONALIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA DE ÓLEO DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA UFPE

SANTIAGO JÚNIOR, Célio José Nunes

Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco (CB/UFPE)
celiojunior091@gmail.com

PINHEIRO, Ricardo Luís dos Santos

Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
ricardo.luis.pinheiros@gmail.com

SOUZA, Camila Claudino de

Diretoria de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (DGA/UFPE)
camila.csouza@ufpe.br

MENEZES, Rômulo Simões Cezar

Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE)
rmenezes@ufpe.br

RESUMO

O óleo de fritura usado, quando descartado indevidamente, causa inúmeros problemas ambientais. Diante disso, é primordial uma ampla conscientização da população e das instituições públicas para o reaproveitamento desse óleo de forma ambientalmente adequada. O presente trabalho teve como objetivo divulgar, ampliar, monitorar e avaliar o sistema de coleta de óleo de fritura no campus da UFPE para produção de biodiesel. Inicialmente foram implantados dois ecopontos e posteriormente mais sete ecopontos em todo campus. O sistema foi amplamente divulgado em toda comunidade acadêmica e proposto um modelo sustentável. O quantitativo de óleo coletado nos dois ecopontos ainda é incipiente para fins energéticos. Os índices de acidez avaliados nos intervalos de coleta estão dentro dos limites adequados para produção de biodiesel. Com esses resultados, sugere-se que o sistema de coleta de óleo do campus Recife sirva como um modelo sustentável e otimizador para outras instituições públicas e municípios da região.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustíveis, Educação Ambiental, Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

O óleo de fritura vem sendo utilizado para o consumo de alimentos fritos em larga escala na economia atual, por ser um método de preparação rápida e atribuir sabor agradável aos alimentos. O Brasil produz 9 bilhões de litros de óleos vegetais por ano. Desse volume produzido, 1/3 vai para óleos comestíveis. O consumo per capita fica em torno de 20 litros/ano, o que resulta em uma produção de 3 bilhões de litros de óleo por ano no país (OIL WORLD, 2010).

O óleo de fritura residual, quando descartado de maneira inadequada no ralo das pias, solo e no meio ambiente, pode ser considerado altamente poluente. Quando é descartado desta forma, o resíduo pode se solidificar nas paredes da tubulação, causando entupimentos e refluxo de esgoto. Para desentupir esses encanamentos é necessário usar substâncias químicas altamente tóxicas, que além de encarecer o tratamento da água, também pode prejudicar o meio ambiente. (ABRASEL, 2008).

Por outro lado, quando descartado de forma ambientalmente correta, o óleo de fritura pode ser considerado como um resíduo potencialmente reciclável, podendo servir como matéria-prima na fabricação de diversos produtos como: biocombustível (biodiesel), glicerina, sabão, detergentes, solvente de tintas, ração animal, massa de vidraceiro, entre outros.

O biodiesel como biocombustível apresenta características necessárias para substituir o óleo diesel devido a algumas vantagens como biodegradabilidade, combustão mais eficiente e ausência de compostos orgânicos nocivos ao ser humano (CANDEIA et al., 2009). Ainda, este combustível reduz a emissão de gases associados ao efeito estufa (CO_2 e CO) e também a emissão de materiais particulados e dos óxidos de enxofre, responsáveis pela chuva ácida (SUAREZ et al., 2007).

Grande parte dos óleos do processo de fritura ainda não apresenta nenhuma proposta de destinação final ambientalmente adequada ou solução definitiva. O uso deste resíduo como biocombustível também se apresenta em números incipientes no Brasil, sendo que apenas algumas cidades realizam algum tipo de coleta e aproveitamento deste resíduo para fins energéticos. Dessa forma, é latente a necessidade da conscientização da população e das instituições de ensino para que o óleo de fritura usado seja reaproveitado de maneira ambientalmente correta.

A maioria das instituições de pesquisa e ensino superior do Brasil, inclusive a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), enfrenta grandes desafios em relação à gestão adequada de seus resíduos, ou seja, ainda não estão preparados para o cumprimento das exigências da lei 12.305/2010, a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. É diante dessa realidade que se apresenta a relevância desse trabalho, com o intuito de intensificar pesquisas para o desenvolvimento de sistemas e aprimorar tecnologias que viabilizem a gestão sustentável de resíduos e efluentes.

Atualmente, a maior parte do óleo coletado no campus é destinada para uma empresa especializada, na qual o resíduo é processado e direcionado como matéria-prima na produção de sabão. Entretanto, almeja-se que no futuro próximo, todo o óleo de fritura gerado no campus Recife, tanto pelos restaurantes como pela comunidade acadêmica, seja encaminhado para uma miniusina que atualmente encontra-se em fase de finalização de sua construção, para produção de biodiesel na própria universidade.

Nessa perspectiva, buscou-se no presente trabalho operacionalizar, divulgar, ampliar, monitorar e avaliar o sistema de coleta seletiva de óleo de fritura usado com pontos de entrega voluntária implantados no campus Recife para a comunidade acadêmica da UFPE, propondo melhorias, ajustes e recomendações que otimizem a logística do sistema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Óleo de Fritura Usado

Os óleos alimentares usados representam uma categoria de subprodutos ou resíduos provenientes de diversas atividades, mas na sua maior parte são derivados da atividade de fritura de alimentos. Entre estas atividades destacam-se: atividades domésticas (óleos de cozinha usados na preparação de alimentos, como fritura de salgados etc.); atividades industriais, como as de preparação e conservação de batata (fabricação de batatas fritas “em pacote”) ou outros tipos de alimentos que necessitem de óleo de fritura em grande quantidade; e atividades de estabelecimentos como hotéis, restaurantes, cafés, cantinas e refeitórios (CASTELLANELLI, 2008).

O descarte do óleo de cozinha é um problema ambiental de grandes proporções. Cada litro desse material que é despejado no ralo polui 20 mil litros de água (BIODIESELBR, 2014). Segundo Castellaneli (2008), devido à falta de informação da população e/ou carência de ideias a favor do meio ambiente, o óleo de fritura usado acaba sendo despejado diretamente nas águas, como em rios e riachos, ou em pias e vasos sanitários, indo parar nos sistemas de esgoto causando danos no entupimento dos canos, encarecimento dos processos das Estações de Tratamento e poluição do meio aquático. Assim, é necessária a adoção de estratégias em prol de informar a população sobre os malefícios que estas atitudes provocam e a maneira correta de se dispor tal resíduo.

2.2 Insolubilidade em Meio Aquoso e Contaminação por Óleo Vegetal

Os óleos são formados predominantemente por ésteres de triacilgliceróis (resultantes da esterificação entre o glicerol e ácido graxos), caracterizando assim sua insolubilidade quando em contato com a água, porém são solúveis em solventes orgânicos. O óleo lançado nos mananciais emerge para a superfície formando uma película, devido a sua menor densidade em relação à água (WILDNER E HILLIG, 2012).

Dessa forma, a película superficial do óleo formada sobre a água, segundo Sampaio (2003) e Almeida (2002), dificulta a entrada de luz e oxigenação da água, comprometendo a base da cadeia alimentar aquática, os fitoplânctons, contribuindo para a mortalidade de peixes e outras formas de vida no local afetado. Também contribui para a formação de bancos de lamas nos rios, contaminando assim águas que, por vezes, são usadas inadequadamente para o consumo humano.

2.3 Descarte Incorreto do Óleo Pós Fritura

Segundo Paraíso (2010), o óleo descartado no ralo da pia da cozinha, além de causar mau cheiro, dificulta consideravelmente o tratamento de esgoto. De acordo com Alberici e Pontes (2004) e Almeida (2002), quando descartado na rede coletora de esgotamento sanitário, o óleo se acumula nas

canalizações formando uma crosta, contribuindo para sua obstrução. Para a retirada do óleo ou desentupimento das tubulações são utilizados produtos químicos tóxicos, como a soda cáustica. Tais medidas aumentam o custo do tratamento de esgoto em até 45%, além de contribuir para ocorrência de enchentes e proliferação de doenças, caso a desobstrução da tubulação não ocorra em tempo hábil.

Segundo Nogueira e Beber (2009), quando descartado no solo, o óleo ocupa os espaços que naturalmente seriam ocupados pela água e pelo ar, ou seja, provoca sua impermeabilização. Como consequência, a fauna e flora do local ficam impedidas de absorver os nutrientes e acabam morrendo, as sementes não conseguem germinar e o solo fica poluído e impróprio para o cultivo.

Quando descartado no meio ambiente, especialmente em córregos, rios e lagos, o óleo pode causar danos irreversíveis, além de formar uma camada gordurosa no espelho d'água que se acumula nas margens, dificultando a entrada de luz e oxigenação da água (ABRASEL, 2008). Outra maneira utilizada para o descarte do óleo é através do lixo comum destinado para o aterro sanitário. Descartando desta forma, o óleo contamina o lençol freático, além de diminuir a vida útil dos aterros sanitários. Devido ao seu processo de decomposição, o óleo descartado no aterro contribui para emissão de gases do efeito estufa, causando outros problemas ambientais.

2.4 Produtos Derivados do Óleo e Gordura Residual - OGR

De acordo com Reis (2007), o reaproveitamento do óleo de fritura residual é caracterizado como uma atitude de desenvolvimento sustentável, ou seja, impede a necessidade de extração dos recursos naturais e incentiva ainda mais o processo de reciclagem, agregando valores socioeconômicos na cadeia produtiva e contribuindo para a preservação e conservação dos recursos naturais.

Entre os diversos materiais que podem ser reciclados, como plástico, papel, papelão, vidro, alumínio, pneu e madeira, está o óleo de cozinha usado. Descartado de forma correta, o óleo de fritura pode ser reaproveitado para diversos fins, como na produção de resinas para tintas e vernizes, sabões, amaciantes de roupa, rações para animais, glicerina, lubrificantes para motores e biodiesel (VELOSO et al., 2012).

Atualmente, a reciclagem vem sendo vista como uma medida necessária e vantajosa no setor empresarial por razões econômicas e ambientais. No Brasil, parte do óleo vegetal residual é destinada para fabricação de sabões (COSTA NETO et. al., 2000) e, em menor volume, para a produção de biodiesel (FERRARI, et. al., 2005).

Preocupações com o meio ambiente têm levado à necessidade de estudos para o uso de combustíveis ecologicamente corretos (DEMIRBAS, 2008). Os óleos vegetais e gorduras animais se destacam como matérias-primas para produção de biocombustível com propriedades similares ao diesel mineral, porém sem causar os danos que o combustível à base de petróleo promove ao meio ambiente (KNOTHE et al., 2006).

2.5 Coleta seletiva de OGR e Educação Ambiental

Coleta seletiva é a coleta diferenciada de resíduos que foram previamente separados segundo a sua constituição ou composição. Ou seja, resíduos com características similares são selecionados pelo

gerador (podendo ser o cidadão, uma empresa ou outra instituição) e disponibilizados para a coleta separadamente (MMA, 2017). No caso do OGR, o acondicionamento para a coleta é feito após o resfriamento do mesmo e posteriormente estocagem em garrafas plásticas recicláveis de Politereftalato de Etila - PET, ou, em volumes maiores, em tonéis e tambores normalmente plásticos (CLEANDIESEL, 2008; ATITUDE VERDE, 2007).

No Brasil, o hábito da coleta seletiva ainda não é partilhado pela maioria dos geradores de OGR, e grande parte desse resíduo não é segregada pela maior parte dos estabelecimentos, sendo descartada na rede coletora de esgotamento sanitário ou diretamente no solo (COSTA NETO, 2000).

Durante uma ação de coleta seletiva de OGR deve-se levar em consideração não só a segregação do resíduo, mas, sobretudo, a sensibilização das pessoas que manuseiam o óleo de fritura do real significado da ação, ou seja, o conhecimento do produto manipulado e do resíduo gerado é essencial, pois informará ao gerador as consequências do descarte incorreto no meio ambiente ou na rede coletora de esgotamento sanitário. Dessa forma, estimulam os geradores na adoção de boas práticas de segregação e destinação final ambientalmente correta.

Nesse contexto, a educação ambiental entra nesse desafio como uma importante ferramenta para conscientização e sensibilização dos geradores de OGR. A educação ambiental é um aprendizado social que deve ser usado a serviço da comunicação para a solução de problemas por meio da interação e do constante processo de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados que podem se originar do aprendizado em sala de aula ou da experiência pessoal do aluno. Garantir a sustentabilidade do planeta implica em mudanças de comportamentos e atitudes. Para que isso ocorra, a educação ambiental torna-se fator necessário e imprescindível (COLOMBO, 2014).

3. METODOLOGIA

O campus Recife da UFPE situa-se no bairro da Várzea (Cidade Universitária), na cidade do Recife. Atualmente, no campus Recife, circulam diariamente mais de 40 mil pessoas, contando com 11 unidades alimentares, atualmente em funcionamento, entre restaurantes, cantinas e quiosques. A Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) da Superintendência de Infraestrutura da UFPE iniciou uma ação de promoção da coleta seletiva do óleo de fritura residual, a fim de atingir dois públicos geradores: os responsáveis e funcionários das unidades alimentares existentes no campus e a população acadêmica em geral.

Para os funcionários das unidades alimentares da UFPE, incluindo restaurantes, cantinas e quiosques que utilizam óleo no processo de fritura dos alimentos, iniciou-se no final de julho de 2016 um trabalho de monitoramento, capacitação e educação ambiental com distribuição de panfletos informativos e visita de monitores. O objetivo dessa iniciativa foi a promoção da conscientização e sensibilização dos funcionários sobre a melhor forma de armazenar o óleo de fritura usado, as consequências geradas pelo descarte inadequado, os benefícios socioambientais e econômicos do descarte e a destinação ambientalmente correta desse resíduo.

Para atingir a comunidade acadêmica, foi desenvolvido um sistema de coleta seletiva de óleo de fritura usado no campus Recife, inicialmente, com dois pontos de coleta (ecopontos). O primeiro ecoponto foi implantado no Centro de Artes e Comunicação (CAC) no dia 14 de Junho de 2016, e o segundo foi implantado na Reitoria no dia 15 de Junho de 2016 (Figura 1). Os coletores foram produzidos na própria universidade com materiais que seriam descartados, de forma que na sua confecção fosse obtido um visual agradável e a partir de práticas sustentáveis. Além dos coletores de óleo de fritura, também foram instalados coletores de pilhas e baterias, que faz parte do projeto “UFPE Coopera”, que visa implantar diversas ações ambientais voltadas para a comunidade acadêmica.

Figura 1. Ecopontos de óleo de fritura no CAC (à esquerda) e na Reitoria da UFPE (à direita).



Fonte: Os autores (2016).

O processo de divulgação do sistema de coleta de óleo de fritura e dos pontos de coleta disponíveis no campus foi iniciado no dia 27 de Junho de 2016, através de banners instalados próximos aos pontos de coleta e a inclusão de cartazes no próprio coletor. Além disso, utilizou-se do trabalho da Assessoria de Comunicação Social da UFPE (Ascom), mensagens de sustentabilidade nos totens informativos da universidade e as redes sociais, a fim de disseminar a campanha através de mensagens de conscientização pelos próprios alunos e professores do campus.

No dia 9 de agosto de 2016, foi realizada no hall do Centro de Artes e Comunicação (CAC) uma ação ambiental de divulgação e sensibilização para alunos, docentes e funcionários que transitavam no momento. A ação foi realizada pela Diretoria de Gestão Ambiental (DGA) com o objetivo de informar sobre o projeto “UFPE Coopera”.

Com o intuito de expandir o sistema para todo o campus Recife, iniciou-se a partir do dia 12 de setembro de 2016 uma ampliação do número de pontos de coleta, adicionando-se aos dois ecopontos já existentes mais sete ecopontos, totalizando nove ecopontos disponíveis para o descarte voluntário dos recipientes com óleo de fritura usado. A ampliação deverá ser estendida ainda para os demais campi da UFPE (Vitória de Santo Antão e Caruaru).

Após dois meses da implantação dos ecopontos, foi feito o primeiro recolhimento dos recipientes com óleo do CAC e Reitoria, no dia 22 de Agosto de 2016; o segundo em 28 de setembro e o terceiro, em 13 de outubro de 2016. Os recipientes coletados foram armazenados no galpão do Departamento de Energia Nuclear - DEN da UFPE (Figura 2). Foi realizada a quantificação do óleo coletado, e posterior análise química das amostras de óleo coletadas para avaliação de sua qualidade em períodos diferentes.

Figura 2. Recipientes recolhidos dos ecopontos da Reitoria (à esquerda) e do CAC (à direita).



Fonte: Os autores (2016).

A quantificação do óleo de fritura dos pontos de coleta foi feita no Laboratório de Microgeração do Departamento de Engenharia Mecânica (COGENCASA). A primeira quantificação foi referente ao período de 60 dias; a segunda, referente a 30 dias e a terceira referente ao período de 15 dias. O óleo de fritura coletado foi quantificado através do seu despejo em bombonas com capacidade para armazenar 50 litros. Cada bombona contendo óleo de fritura foi pesada separadamente com o auxílio de uma balança digital e registrou-se seu peso. Logo em seguida após a quantificação, foram coletadas amostras de óleo para realização das análises químicas no laboratório.

Inicialmente, foi realizada a filtração de 100 ml do óleo de fritura em um Becker de 250 ml, e 100 ml do óleo em uma proveta de 250 ml nas amostras recolhidas. O óleo filtrado foi transferido para um funil de separação e iniciou-se sua lavagem introduzindo água destilada por 20 minutos até que fossem obtidas duas fases bem distintas. Duas lavagens foram feitas para cada amostra com o intuito de retirar o máximo de impurezas oriundas do próprio processo de cocção de alimentos. Segundo Rosa (2003), para minimizar esse problema, na produção de biodiesel é sempre aconselhável realizar uma pré-purificação e secagem dos óleos antes da reação de transesterificação.

Após a filtração e lavagem, retirou-se o conteúdo de óleo do funil de separação, transferiu para um frasco de vidro âmbar e acrescentou-se o sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) para retirada da umidade permanente da amostra. As amostras foram então caracterizadas em relação ao índice de acidez no laboratório de Energia da Biomassa do Departamento de Energia Nuclear da UFPE, de acordo com as recomendações e normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pontos de coleta do CAC e da Reitoria foram amplamente divulgados através de banners e cartazes informativos (Figura 3) anexados próximos aos pontos de coleta ou no próprio coletor com o intuito de sensibilizar e chamar a atenção do público que transitava no local e estimulá-los a depositarem os recipientes com óleo de fritura usado nos ecopontos.

Segundo Fernandes et al. (2008), as limitações para um modelo de sistema de coleta seletiva de óleo de fritura residual são: os aspectos culturais, a ausência de consciência ambiental da sociedade e um plano logístico eficaz para seu recolhimento. Sendo assim, é importante a implantação de um processo eficiente de conscientização e sensibilização do público alvo para desenvolvimento do compromisso socioambiental da comunidade acadêmica deste presente estudo.

Figura 3. Cartaz informativo para depósito dos recipientes com óleo usado no ecoponto.



Fonte: Arquivo da DGA (2017).

A educação ambiental transformadora é baseada num processo permanente, cotidiano e coletivo, que busca o despertar de uma consciência crítica (SILVA, 2014). Baseado nisso, durante o processo de divulgação do sistema de coleta seletiva de óleo de fritura, as ações de educação ambiental consistiram em estimular a reflexão e a mudança de atitude da comunidade acadêmica sobre os problemas ambientais gerados com o descarte incorreto do óleo de fritura residual e a importância socioambiental do projeto, para construção de uma nova cultura em função de uma demanda de transformação social.

A repercussão e propagação do projeto foram positivas e satisfatórias com a utilização desses instrumentos. As redes sociais contribuíram significativamente para o sucesso da iniciativa, como instrumento de divulgação e disseminação do projeto, constatando interesse, engajamento e propagação das informações entre os alunos, professores e servidores do campus Recife.

De acordo com Grangeiro (2016), a maior parte dos estabelecimentos da UFPE visitados que fazem uso de óleo nos processos de fritura não tinha informação sobre os malefícios que este pode causar ao meio ambiente. Constatou-se que 13% dos estabelecimentos não destinavam o óleo produzido para reciclagem e despejavam no solo ou diretamente no lixo. Porém, 87% já faziam a destinação correta do óleo residual.

Durante o monitoramento desta pesquisa, verificou-se que 4 restaurantes já realizavam a coleta do óleo de fritura residual para a empresa especializada que faz a reciclagem do óleo; 2 restaurantes não aderiram ao sistema de coleta, alegando ter pequena produção deste resíduo; 1 restaurante, mesmo tendo pequena produção, resolveu aderir ao sistema levando o óleo residual para um ecoponto; e 4 unidades alimentares informaram não haver geração do resíduo, pois comercializam apenas alimentos prontos.

No trabalho de capacitação e educação ambiental direcionado para funcionários dos restaurantes, cantinas e quiosques da UFPE que utilizam o óleo no processo de fritura, foi demonstrado animação, interesse e sensibilização por parte dos funcionários em participar da iniciativa.

A ação ambiental de abordagem realizada com estudantes e servidores que transitavam no hall do CAC (Figura 4) foi considerada positiva, pois muitos estudantes abordados parabenizaram a iniciativa e afirmaram que passariam a trazer o óleo de fritura usado de suas residências para serem depositados nos ecopontos. A Diretoria de Gestão Ambiental da UFPE foi decisiva para o sucesso e

propagação do projeto “UFPE Coopera”, distribuindo flores em vasos de garrafinhas PET etiquetados com as informações do projeto, a fim de facilitar a sensibilização do público alvo (Figura 5).

Figura 4. Ação para conscientização e divulgação do “UFPE Coopera” no Hall do CAC



Fonte: Arquivo da DGA (2016).

Figura 5. Rótulo fixado na garrafinha PET com as informações do projeto.

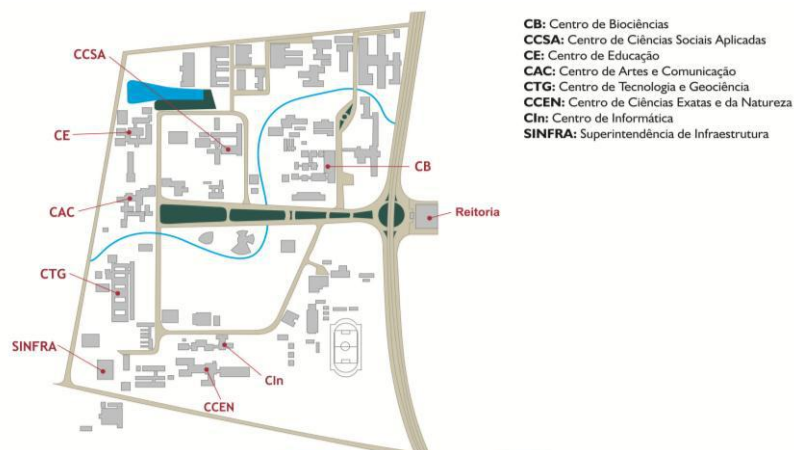


Fonte: Arquivo da DGA (2016).

Com o intuito de descentralizar o sistema de coleta seletiva de óleo de fritura usado para toda a universidade, foi feita uma ampliação com mais sete ecopontos distribuídos estrategicamente em todo o campus (Figura 6). Na escolha dos locais de instalação dos ecopontos, foram levados em consideração o maior fluxo de pessoas que transitam no local do ponto de coleta e a área central do centro acadêmico, onde seja possível uma boa visualização dos coletores e seus informativos afixados. A pesquisa demonstrou que a quantidade de óleo de fritura gerada pela comunidade acadêmica do campus da UFPE nos ecopontos do CAC e Reitoria totalizou 45 litros durante 60 dias, 21 litros durante 30 dias e 30 litros em 15 dias (Tabela 1).

Constatou-se que o volume de óleo de fritura coletado no ecoponto da Reitoria nos três períodos de coleta foi superior em relação ao do CAC, totalizando 68,06 litros na Reitoria e 27,56 litros no CAC. O resultado foi esperado e considerado significativo, pois o ecoponto do CAC apresentou sinais de vandalismo no primeiro mês de implantação, como a remoção do cartaz informativo do coletor, interferindo no quantitativo de óleo coletado. O ecoponto da Reitoria não apresentou nenhum sinal de vandalismo, além de ser a sede administrativa da universidade onde o fluxo de pessoas é maior em relação ao ecoponto do CAC. Vale salientar que o processo de divulgação e conscientização do sistema de coleta foi feito para toda a comunidade acadêmica.

Figura 6. Ampliação do sistema de coleta seletiva de óleo para 9 pontos de coleta.



Fonte: Arquivo da DGA (2017).

Tabela 1. Quantificação do óleo de fritura coletado nos ecopontos da Reitoria e CAC nos intervalos de 60, 30 e 15 dias

Períodos de Avaliação					
27 /06 até 22/08 (60 dias)		22/08 até 28/09 (30 dias)		28/09 até 13/10 (15 dias)	
Ecoponto	Volume coletado (L)	Ecoponto	Volume coletado (L)	Ecoponto	Volume coletado (L)
Reitoria	27,76	Reitoria	14	Reitoria	26,3
CAC	17,26	CAC	7	CAC	3,3
Total	45,02	Total	21	Total	29,6
Coleta diária média	0,75	**	0,70	**	1,97

Fonte: Os autores (2016).

Para obtenção de um biodiesel de qualidade, é fundamental a caracterização físico-química do óleo de fritura para avaliar e verificar se o óleo em estudo possui boas condições para sua utilização como matéria-prima na reação de transesterificação durante a síntese do biodiesel. Segundo Candeia et al. (2009), essas condições contribuem para elevar a quantidade de propriedades indesejáveis nas reações químicas de transformação dos óleos em biodiesel, como a umidade e a acidez da matéria-prima. Em termos de qualidade e aceitabilidade, é interessante que o óleo obtido apresente os menores valores de índice de acidez possíveis.

Como já era esperado, os resultados obtidos do índice de acidez das amostras de óleo dos ecopontos do CAC e Reitoria durante 60 dias de armazenamento estão um pouco acima do limite adequado de 1 mg KOH/g (Tabela 2). De acordo com Miranda (2007), o grau de deterioração dos óleos está intimamente ligado à presença de insaturações, à natureza do alimento frito, à temperatura e, principalmente, ao tempo em que o material foi exposto à fritura e à armazenagem. Constatou-se que os óleos coletados nos ecopontos do CAC e Reitoria após os 60 dias de armazenamento apresentaram um aspecto rançoso, ou seja, o óleo entrou em deterioração, provocando alteração nas suas características organolépticas como: cor (escurecimento) e odor (mau cheiro), além da alteração de viscosidade.

Tabela 2. Caracterização físico-química do óleo de fritura usado nos ecopontos do CAC e Reitoria durante 60 dias de armazenamento

Índice de acidez – 60 dias		
Ecoponto	Resultado (mg.KOH/g)	Limite (mg.KOH/g)
Reitoria	1,17	1
CAC	1,23	1

Fonte: Os autores (2016).

Índice de acidez elevado do óleo resulta num biocombustível de má qualidade, tornando-o inapropriado para alimentação. Com isso, é necessária a realização do processo de neutralização desse óleo para eliminação dos ácidos graxos livres e de impurezas como: proteínas, ácidos oxidados, produtos de decomposição de glicerídeos (GALVÃO, 2007). Os resultados obtidos do índice de acidez das amostras de óleo dos ecopontos do CAC e Reitoria durante 30 e 15 dias de armazenamento estão dentro dos limites adequados para produção de biodiesel (Tabela 3 e 4) com exceção da amostra de óleo da Reitoria no intervalo de 30 dias deu um pouco acima do limite.

Tabela 3. Índice de acidez do óleo de fritura usado nos ecopontos do CAC e Reitoria durante 30 dias de armazenamento

Índice de acidez – 30 dias		
Ecoponto	Resultado (mg.KOH/g)	Limite (mg.KOH/g)
Reitoria	1,09	1
CAC	0,44	1

Fonte: Os autores (2016).

Tabela 4. Índice de acidez do óleo de fritura usado nos ecopontos do CAC e Reitoria durante 15 dias de armazenamento

Índice de acidez – 15 dias		
Ecoponto	Resultado (mg.KOH/g)	Limite (mg.KOH/g)
Reitoria	0,43	1
CAC	0,47	1

Fonte: Os autores (2016).

Observou-se que os óleos coletados dos ecopontos do CAC e Reitoria nos períodos de 30 e 15 dias de armazenamento encontravam-se com um aspecto de boa qualidade, ou seja, com uma coloração mais clara, aroma agradável e menos viscoso. A acidez igual ou inferior a 1,0 mg KOH/g podem resultar na eliminação da etapa de neutralização, reduzindo assim etapas de tratamento da matéria-prima, as quais geralmente demandam tempo, custos e geração de resíduos para o descarte.

De acordo com os resultados obtidos da operacionalização do sistema de coleta de óleo de fritura no campus da UFPE já implantado, é interessante propor um modelo mais sustentável, otimizador e eficiente para a coleta de óleo residual como matéria-prima para produção de biodiesel. Assim, criou-se um modelo com os pontos: melhorias, ajustes e recomendações, embasando-se nos objetivos deste presente trabalho e dos atores envolvidos no sistema de coleta (Quadro 1).

Quadro 1. Proposta de modelo sustentável e otimizado a partir do sistema de coleta seletiva de óleo de fritura usado no campus da UFPE

Ações do sistema de coleta seletiva de óleo de fritura usado na UFPE	
Divulgação, conscientização e sensibilização	
Melhorias e Ajustes	- Manutenção e estabelecimento de uma periodicidade na realização das ações de divulgação e conscientização (ações ambientais nos centros, distribuição de panfletos); - Utilização de aplicativo de celular para facilitar na identificação dos ecopontos mais próximos do usuário.
Recomendações	- Envolvimento articulado dos atores do sistema de modo que facilite na disseminação da conscientização ambiental e das ações de divulgação; - Realização de campanhas educativas, eventos e palestras sobre a importância da iniciativa, as consequências provocadas pelo descarte incorreto do óleo e seus benefícios socioambientais.
Ampliação dos ecopontos	
Melhorias e Ajustes	- Manutenção e monitoramento quinzenal dos ecopontos quanto a sua localização e condições de acondicionamento; - Monitoramento mensal para a coleta dos recipientes com óleo dos ecopontos e sua armazenagem no galpão da usina piloto de biodiesel.
Recomendações	- Utilização de uma rota de coleta otimizada por parte dos veículos utilizados para a coleta do óleo residual, reduzindo custos e a poluição provocada pelo transporte.
Monitoramento da quantidade e qualidade de óleo coletado	
Melhorias e Ajustes	- Formalização dos contratos de todas as unidades alimentares da UFPE para que todo o óleo de fritura coletado seja encaminhado para a usina de biodiesel da universidade; - Utilização de aplicativo de celular para facilitar no gerenciamento e monitoramento dos pontos de coleta do sistema.
Recomendações	- Divulgação das ações realizadas no campus para a comunidade para obtenção de mais parceiros até que a cultura se incorpore na comunidade; - Conscientizar o público alvo para levar seus recipientes com óleo de fritura de boa qualidade para os ecopontos.

Fonte: Os autores (2016).

5. CONCLUSÕES

A implantação do sistema de coleta seletiva de óleo de fritura usado do campus Recife com pontos de coleta de entrega voluntária, no CAC e na Reitoria permitiu estimular o reaproveitamento de materiais na confecção dos coletores e, principalmente, a reciclagem do óleo de fritura usado por uma parcela da comunidade acadêmica. Já as ferramentas utilizadas no processo de divulgação, conscientização e sensibilização da comunidade acadêmica e funcionários dos restaurantes do campus Recife foram fundamentais para o sucesso da iniciativa, repercutindo de forma positiva e satisfatória no engajamento, interesse e conhecimento sobre a importância socioambiental do sistema de coleta.

O volume de óleo obtido no ecoponto da Reitoria foi superior nos três intervalos de coleta (60, 30 e 15 dias) totalizando 68,06 litros de óleo no ecoponto da Reitoria e 27,56 litros de óleo no ecoponto do CAC, concluiu-se que esse quantitativo obtido se deu devido aos sinais de vandalismo apresentados no ecoponto do CAC, e pelo maior fluxo de pessoas na Reitoria, por esta ser a sede administrativa da UFPE.

Verificou-se que durante 60 dias de armazenamento, o índice de acidez das amostras de óleo dos ecopontos do CAC e Reitoria estavam acima do limite adequado. Durante 30 e 15 dias de armazenamento, o índice de acidez estava dentro do limite adequado, com exceção da amostra de óleo

do ecoponto da Reitoria no intervalo de 30 dias de armazenamento. O volume total de óleo obtido nos ecopontos do CAC e Reitoria ainda é insuficiente para fins energéticos, ou seja, para produzir biodiesel na usina em construção da universidade. Entretanto, com a ampliação do sistema em todo o campus (total de 9 ecopontos) e a continuidade da iniciativa, espera-se que o óleo coletado de todos os pontos de coleta associado ao óleo gerado por todas as unidades alimentares da UFPE chegue a 3000 litros de biodiesel por mês, o suficiente para substituir todo o combustível da universidade.

O sistema de coleta seletiva de óleo de cozinha do campus Recife avaliado através da proposta de modelo sustentável e otimizador, possibilitará credibilidade, eficiência na logística do sistema e, sobretudo, comprometimento e envolvimento dos atores envolvidos ao projeto, ao utilizar-se da abordagem crítica da educação ambiental, que permite pensar em ações transformadoras para um futuro sustentável.

Espera-se que esse sistema de coleta de óleo de fritura do campus Recife sirva como um modelo sustentável e otimizador para replicação em outras instituições públicas e municípios da região, sendo uma proposta plausível e viável na busca de soluções para o reuso correto de um resíduo potencialmente reciclável e trazendo benefícios socioambientais e evitando grandes problemas quando descartado incorretamente.

REFERÊNCIAS

ABRASEL. **Projeto Papa Óleo**. Disponível em: <<http://www.abrasel.com.br/projeto-papa-oleo.html>>. Acesso em: 23 Abr.2016.

ALBERICI, R. M.; PONTES, F. F. F. **Reciclagem de óleo comestível usado através da fabricação de sabão**. 2004. Disponível em:<<http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=39&article=19&mode=pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

ALMEIDA, C. M. **Biocombustível: uma análise econômica para a região metropolitana de Salvador**. Monografia (Trabalho de Conclusão da Especialização em Ciências Econômicas) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2002.

ATITUDE VERDE. **Onde jogar o óleo de cozinha**. 2007. Disponível em: <<http://www.atitudeverde.com.br>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BIODIESELBR. **Óleo de Fritura Usado**. Disponível em: < <https://www.biodieselbr.com/plantas/oleo-fritura-usado.htm> >. Acesso em: 09 Jul. 2017.

CANDEIA, R. A. **Biodiesel de Soja: Síntese, Degradação e Misturas Binárias**. João Pessoa, Programa de Pós-Graduação em Química, UFPB, Tese de Doutorado, 2009.

CASTELLANELLI, C.A. **Estudo da viabilidade da produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria - RS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CLEANDIESEL. A consciência ecológica na prática. **Óleos e gorduras são definidos como substâncias insolúveis (não se misturam com água)**. 2008. Disponível em: <<http://www.cleandiesel.com.br/>> Acesso em: 10 ago. 2016.

COLOMBO, S. R.; A educação Ambiental como instrumento na formação da cidadania. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v.14, n.2, p.69. 2014.

COSTA NETO, Pedro R.; ROSSI, Luciano F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. Sociedade Brasileira de Química. **Química Nova**, v.23, n.4 p. 531-537, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2654.pdf>>. Acesso em: 28 Jul. 2016.

DEMIRBAS, A. Comparison of transesterification methods for production from vegetable oils and fats. **Energy Conversion and Management**, v. 49,125p. 2008.

FERNANDES, R. K. M.; PINTO, J. M. B.; MEDEIROS, O.M.; PEREIRA, C. **Biodiesel a partir de óleo de fritura residual: alternativa energética e desenvolvimento socioambiental**. XVIII Encontro Nacional de Engenharia de produção. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_542_12014.pdf>. Acesso em: 2 out. 2016.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, 28(1), p. 19-23, 2005.

GALVÃO, L. P. F. de C. **Avaliação Termoanalítica da Eficiência de Antioxidantes na Estabilidade Oxidativa do Biodiesel de Mamona**. Natal, Programa de Pós- Graduação em Química, UFRN, Dissertação de Mestrado, 2007.

GRANGEIRO, R. V. T.; PINHEIRO, R. L. S.; MENEZES, R. S. C. Coleta seletiva de óleo de fritura para produção e uso de biodiesel no campus recife da UFPE. **Educação Ambiental na gestão de resíduos sólidos**. Recife, p. 249-258, Mai. 2016.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual do Biodiesel. Traduzido do original “The Biodiesel Handbook” por Luiz Pereira Ramos**. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 2006.

MIRANDA, Rosilene Aparecida de. **Biodiesel: obtenção a partir de óleos residuais utilizados na cocção de alimentos**. 2007. Faculdade de Ciências Biológicas Universidade de Itabuna. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/desenvolvimento/9.pdf>> Acesso em: 4 nov. 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Coleta Seletiva**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclavéis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 09 Jul. 2017.

NOGUEIRA, G. R.; BEBER, J. **Proposta de metodologia para o gerenciamento de óleo vegetal residual oriundo de frituras**. Tese de Mestrado em Bioenergia – Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Irati, 2009. Disponível em: <http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_09/>. Acesso em: 05. Ago. 2016.

OIL WORLD. **O serviço de previsão independente para oleaginosas, óleos e refeições**. Disponível em: <<http://www.oilworld.biz/app.php>>. Acesso em: 12 Abr. 2016.

PARAÍSO. **Programa de coleta seletiva de óleo de cozinha usado**. Disponível em:<<http://www.paraíso.mg.gov.br>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

REIS, M. F. P. et al. **Destinação de óleos de fritura**. In: 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Belo Horizonte, 5f, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br>>. Acesso em: 06 ago. 2016.

ROSA L. P. Geração de Energia a partir de Resíduos Sólidos Urbanos e Óleos Vegetais. Fontes Alternativas de Energia no Brasil. **CENERGIA, Interciência**, p. 515, 2003.

SAMPAIO, L. A. G. **Reaproveitamento de óleos e gorduras residuais de frituras: tratamento, matéria-prima para produção de biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2003.

SILVA, Laudielcio Ferreira Maciel da; **A Educação Ambiental de Pernambuco: (1979-1988)**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2014.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P. 70º Aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Química Nova**, v. 30, 2068p, 2007.

VELOSO, Y. M. S. et al. Rotas para Reutilização de Óleos Residuais de Fritura. *Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas*, Aracaju, v. 1, n. 15, p. 11-18, out. 2012.

WILDNER, L. B. A; HILLIG, C. Reciclagem de óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de Educação Ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. Santa Maria - RS, v 05, n°5, p. 813 - 824, 2012.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIEGLA, P. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em 19 set. 2016.

5.3 COMPOSTAGEM, MÉTODO MAIS ADEQUADO AO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS URBANOS: EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE BELO JARDIM - PE

PIMENTEL, Sandra Morgana de Freitas
Prefeitura Municipal de Belo Jardim
smpimentelambiental@gmail.com

CAVALCANTI, Gutemberg Silva
gutembergscavalcanti@hotmail.com

ARAÚJO FILHO, Marcos Antônio de
Marcosaraujofilho250@gmail.com

OLIVEIRA, Cláudio Emanuel Silva
Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA
claudiooliveira@asces.edu.br

RESUMO

Diante da crescente geração de resíduos residenciais urbanos, a compostagem doméstica surge como uma alternativa para o tratamento da fração orgânica desse material na fonte. Neste contexto, o objetivo é a implementação de compostagem doméstica de resíduos sólidos orgânicos coletados seletivamente em residências ou em escolas localizadas no município de Belo Jardim – PE. Para o processo de compostagem, será empregada uma composteira, mantida em área coberta e o local escolhido para dar início ao projeto de educação ambiental foi a Escola Antenor Vieira, no Bairro Santo Antônio. Os alunos da escola passaram pelo processo de aprendizagem para manuseio junto com um professor que será responsável pela manutenção da composteira. Concluindo-se o quão é importante implantar ferramentas que possibilitem a conscientização ambiental e contribuir uma solução ambientalmente correta no tocante à disposição final de resíduos orgânicos urbanos, assim como a produção de um excelente composto para utilização agrícola local.

PALAVRAS-CHAVE: Composteira, Orgânico, Nutrientes.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional desordenado contribui com a alta geração de resíduos sólidos urbanos na chamada sociedade de consumo, tem constituído um grande problema ambiental. A coleta e a disposição final destes resíduos tornam-se um problema de difícil solução, com consequentes riscos de poluição do solo e das águas, superficiais e subterrâneas, com implicações na qualidade de vida da população (BRASIL, 2012).

Determinadas atividades domésticas geram grande quantidade de resíduos, como restos de comida, os quais, em alguns casos, provocam sérios problemas de poluição. Entretanto, quando manipulados adequadamente, podem suprir, com vantagens, boa parte da demanda de insumos industrializados sem afetar adversamente os recursos do solo e do ambiente. O aproveitamento dos resíduos urbanos (domésticos) e florestais pode ser realizado através de um processamento simples denominado compostagem, em pequena, média e grande escala desde que não causem distúrbios ao meio ambiente e a saúde pública (MMA, 2013).

Essa alternativa de tratamento dos resíduos é processo biológico de transformação de resíduos orgânicos em substâncias húmicas. Em outras palavras, a partir da mistura de restos de alimentos, frutos, folhas, esterco, palhas, dentre outros, obtêm-se, no final do processo, um adubo orgânico homogêneo, de cor escura, estável, solto, pronto para ser usado em qualquer cultura, sem causar dano e proporcionando uma melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ABNT, 2004).

A compostagem doméstica pode ser feita amontoando-se o material a ser compostado na forma de pilha ou leira ou até mesmo em recipientes, ou mesmo por aterramento. A forma a ser utilizada depende do espaço disponível. Uma composteira ou uma pilha, em geral, utiliza espaço menor que uma leira. Se a quantidade de material a ser compostado for pequena, o aterramento pode ser mais prático.

Uma composteira pode ser de tamanhos, formas e materiais diversos. O tamanho da composteira deve ser adequado à área disponível, e recomenda-se um volume não maior que 1,0 m³. O aterramento deve ser feito em buraco não mais profundo que 0,3 m (BRASIL, 2014).

Os materiais utilizados para a compostagem podem ser divididos em duas classes, a dos materiais ricos em carbono e a dos materiais ricos em nitrogênio. Entre os materiais ricos em carbono podemos considerar os materiais lenhosos como a casca de árvores, as aparas de madeira, as podas dos jardins, folhas e galhos das árvores, palhas e feno, e papel. Entre os materiais nitrogenados incluem-se as folhas verdes, estrume animal, urina, solo, restos de vegetais hortícolas, erva, etc (KIEHL, 1998).

Na escolha do local onde seria conduzida a composteira devem ser considerados os seguintes aspectos ou características: facilidade de acesso, ocorrência de sol e sombra, proteção contra o vento, e solo que permita a infiltração da água das chuvas (chão de terra). Estes aspectos são importantes, já que terão influência sobre as condições básicas para o processo de compostagem da matéria orgânica, os quais são, presença de microrganismos, aeração, umidade e temperatura adequadas (MMA, 2013).

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Compostagem: Definições e Benefícios

A compostagem é o processo de transformação de materiais grosseiros, como restos de alimentos, palhada e estrume, em materiais orgânicos utilizáveis na agricultura. Este processo envolve transformações promovidas por milhões de micro-organismos do solo que têm na matéria orgânica *in natura* a sua fonte de energia (MELO, 2014).

Por essa razão uma pilha de composto não é apenas um monte de lixo orgânico empilhado ou acondicionado em um compartimento, mas um modo de fornecer as condições adequadas aos microrganismos para que esses degradem a matéria orgânica e disponibilizem nutrientes para as plantas. Dentre os principais benefícios, destacam-se:

- Estímulo ao desenvolvimento das raízes das plantas, que se tornam mais capazes de absorver água e nutrientes do solo;
- Aumento da capacidade de infiltração de água, reduzindo a erosão;
- Mantém estáveis a temperatura e os níveis de acidez do solo (pH);
- Dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras (daninhas);
- Ativa a vida do solo, favorecendo a reprodução de microrganismos benéficos às culturas agrícolas.

A compostagem ocorre naturalmente no ambiente sendo referida como a degradação de matéria orgânica, o termo compostagem diz respeito a esta decomposição, porém está associada com a manipulação do material pelo homem, que através da observação do que acontecia na natureza desenvolveu técnicas para acelerar a decomposição e produzir compostos orgânicos que atendessem rapidamente as suas necessidades. O termo composto orgânico pode ser aplicado ao produto compostado, estabilizado e higienizado, que é benéfico para a produção vegetal (OLIVEIRA, SOUZA, SANTANA; MURTA, 2015).

O resíduo orgânico sofre com a ação do tempo uma transformação metabólica, mas desde que as condições necessárias sejam oferecidas, sendo umidade, aeração e microrganismos que existem na matéria orgânica *in natura*. Ou seja, considera-se uma digestão da matéria orgânica por esses microrganismos, liberando os nutrientes como nitrogênio, cálcio, magnésio, etc. Esses elementos, antes imobilizados ou retidos na forma orgânica, tornam-se disponíveis para as plantas num processo conhecido como mineralização (MELO, 2014).

Para que o ciclo seja completo são necessários aproximadamente de 90 a 120 dias após misturar toda a matéria orgânica (dependendo da relação Carbono - Nitrogênio dos resíduos), obtendo-se como resultado um composto normalmente escuro e de textura turfa, utilizado como condicionador de propriedades físicas e biológicas do solo, assim como, um composto fertilizante que fornece os nutrientes essenciais para o suprimento das plantas (GALEFFI, 2013).

O processo de compostagem acontece em [fases](#), sendo estas, muito distintas umas das outras. Suas principais características são:

Fase mesofílica: nessa fase, fungos e bactérias mesófilas (estarão ativas com a temperatura próxima da temperatura ambiente) e começam a se proliferar, assim que a matéria orgânica é aglomerada na composteira, são de extrema importância para decomposição do lixo orgânico. Eles vão metabolizar principalmente os nutrientes mais facilmente encontrados, ou seja, as moléculas mais simples. As temperaturas são moderadas nesta fase (cerca de 40°C) e ele tem duração de aproximadamente de 15 dias.

Fase termofílica: é a fase mais longa e pode se estender por até dois meses, dependendo das características do material que está sendo compostado. Nessa fase, entram em cena os fungos e bactérias denominados de termofílicos ou termófilos, que são capazes de sobreviver a temperaturas entre 65°C e 70°C, à influência da maior disponibilidade de oxigênio - promovida pelo revolvimento da pilha inicial. A degradação das moléculas mais complexas e a alta temperatura ajudam na eliminação de agentes patógenos.

Fase da maturação: a última fase do processo de compostagem, e que pode durar até dois meses. Nessa fase há a diminuição da atividade microbiana, juntamente com as quedas de gradativas de temperatura (até se aproximar da temperatura ambiente) e acidez, antes observada no composto. É um período de estabilização que produz um composto maturado. O produto gerado a partir desse processo de degradação recebe o nome de composto orgânico, que é um material estável, rico em nutrientes minerais, que pode ser utilizado em hortas, jardins e para fins agrícolas, devolvendo a terra os nutrientes de que necessita, e evitando o uso de fertilizantes sintéticos.

2.2 Maiores Influenciadores da Compostagem

2.2.1 Microorganismos

A transformação da matéria orgânica é resultante da ação combinada de diferentes comunidades de microrganismos (incluindo bactérias, actinomicetas, leveduras e fungos) que predominam em diferentes fases da compostagem. Nesse processo de a energia produzida pelos microrganismos promove um incremento de temperaturas necessitando assim, controlar as temperaturas com umidade e aeração mantendo-as a níveis desejados (ROSSI, 2015).

2.2.2 Umidade

No processo de decomposição da matéria orgânica, a umidade garante a atividade microbiológica. Isso porque, entre outros fatores, a estrutura dos microrganismos consiste de aproximadamente 90% de água e na produção de novas células, a água precisa ser obtida do meio, no caso, da massa de compostagem. Além disso, todo o nutriente necessário para o desenvolvimento celular precisa ser dissolvido em água, antes de sua assimilação (ROSSI, 2015).

2.2.3 Aeração

O oxigênio é de vital importância para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, para que ocorra produção de energia necessária aos microrganismos que realizam a decomposição. Parte dessa energia é utilizada no metabolismo dos microrganismos e o restante é liberado na forma de calor (ROSSI, 2015).

A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer por dois processos: na presença de oxigênio (aeróbio) e na sua ausência (anaeróbio). Quando há disponibilidade de oxigênio livre, predominam microorganismos aeróbios, sendo os agentes mais destacados os fungos, bactérias e actinomicetos. O processo anaeróbio tem o inconveniente da liberação de mau cheiro, devido à liberação completa do nitrogênio aminado como amônia, com a conseqüente formação de aminas incompletas, mau cheirosas, as quais devem ser oxidadas para perder esta característica (SILVA, 2014).

2.2.4 Temperatura

Um dos fatores de grande relevância no processo de transformação da matéria orgânica é a temperatura do ambiente onde se realiza o processo. De uma maneira geral, quando a matéria orgânica é decomposta o calor criado pelo metabolismo dos microorganismos se dissipa e o material, normalmente, não se aquece. Todavia, na compostagem de resíduos orgânicos, em montes, ou em condições controladas, trabalhando-se com grandes massas, o calor desenvolvido se acumula e a temperatura alcança valores elevados, podendo chegar à cerca de 80 °C (UTCRSU, 2012).

O desenvolvimento da temperatura está relacionado com vários fatores, materiais ricos em proteínas, baixa relação Carbono - Nitrogênio, umidade e outros. Materiais moídos e peneirados, com granulometria fina e maior homogeneidade, formam montes com melhor distribuição de temperatura e menor perda de calor (UTCRSU, 2012).

O composto estabilizado, além de ter temperatura igual à ambiente, apresenta-se quebradiço quando seco, moldável quando úmido, não atrai moscas e não tem cheiro desagradável (UTCRSU, 2012).

2.2.5 Relação C/N (Carbono / Nitrogênio)

A compostagem consiste em se criar condições e dispor, em local adequado, as matérias-primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, especialmente, que contenham relação C/N favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão, (MELO, 2014). Segundo Melo (2014), o acompanhamento da relação C:N durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a relação C:N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja transformou-se em produto acabado ou humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1. Um conteúdo apropriado de nitrogênio e carbono favorece o crescimento e a atividade das colônias de microorganismos envolvidos no processo de decomposição possibilitando a produção do composto em menos tempo.

2.2.6 pH

O pH do composto pode ser indicativo do estado de compostagem dos resíduos orgânicos. Jimenez e Garcia (1989) indicaram que durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 5,0, e posteriormente, aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem e estabilização do composto, alcançando, finalmente, valores entre 7 e 8. Assim, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem (ELIAS, 2014).

2.2.7 Tamanho do Material a ser Usado na Compostagem

As partículas não devem ser de tamanho pequeno, para que se possa evitar a compactação durante o processo de compostagem, comprometendo a aeração. Por outro lado, resíduos inteiros retardam a decomposição por reterem pouca umidade e apresentarem menor superfície de contato com os microrganismos (exemplo, colmos de milho). Restos de culturas de soja e feijão, gramas folhas, por exemplo, podem ser compostados inteiros (UTCRSU, 2012).

2.3 A Gestão de Resíduos e a Norma Regulamentadora 25

As empresas de todos os seguimentos são fontes potencialmente geradoras de resíduos no que se refere à produção de seus bens. E atualmente, as empresas devem ou pelo menos deveriam cumprir as exigências no intuito de minimizar os efeitos ambientais causados pela disposição inadequada dos dejetos no meio ambiente. Desta forma, faz-se uma breve referência à NBR 10004 que trata sobre a classificação dos Resíduos Sólidos. A Gestão Ambiental propõe a adequação às normas técnicas e a legislação pertinente. Assim como a NBR 10004 destacamos, no tocante à segurança e saúde do trabalhador a Norma Regulamentadora N.º 25. Esta NR dispõe sobre os Resíduos Industriais. Segundo esta, os resíduos “[...] são compreendidos como provenientes de processos industriais podendo ser encontrados na forma sólida, líquida ou gasosa ou a combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos, como cinzas, lodos, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, poeiras, borras, substâncias lixiviadas e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como demais efluentes líquidos e emissões gasosas contaminantes atmosféricos”.

Em meio aos diversos problemas ambientais existentes atualmente, levando em consideração àqueles que de alguma maneira afetam o solo ou o desenvolvimento da vegetação, a compostagem pôde contribuir de maneira eficiente, uma vez que cultivos orgânicos reduzem a utilização de agroquímicos, em que parte é lançada ao meio, contaminando rios, solos e ar, dentre outras vias. A compostagem no município de Belo Jardim irá propiciar um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação no aterro sanitário aumentando a sua vida útil e melhorando a estrutura dos solos onde será utilizado.

3. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um levantamento de experiências informais, que desenvolvem compostagem de resíduos sólidos orgânicos. Como experiências foram considerados, programas ou projetos, ativos ou extintos, desenvolvidos em bairros, parques, escolas, universidades, empresas, instituições, pátios e usinas de compostagem. O levantamento buscou identificar diferentes tipos de experiências e ocorreu por meio de pesquisas na internet, visita a aterros, visita a usina da reciclagem de um município vizinho, revisão bibliográfica de relatórios e artigos técnicos e científicos, contato com gestores e profissionais da área, contato com instituições governamentais, não governamentais e empresas privadas que se relacionam com essa rotina. Os dados foram coletados entre abril de 2015 e março de 2016.

3.1 Projeto já Existente no Município

Uma indústria de polpas, em parceria com a Prefeitura Municipal de Belo Jardim, desenvolve o Projeto “Fomento à Agricultura”, que se baseia em uma parceria entre a indústria e pequenos agricultores do município, que oferecem subsídios agrícolas a serem utilizados pela empresa. Essa por sua vez, devolve as cinzas e restos orgânicos para os agricultores, onde a Prefeitura entra com a disponibilização do transporte. Essas cinzas são utilizadas pelos agricultores para aprimoramento do solo, através da compostagem.

Outro exemplo é o trabalho de Educação Ambiental desenvolvido por uma instituição não governamental, que apresenta, entre diversos outros exemplos, a prática da compostagem, durante as visitas agendadas dos estudantes da rede de ensino do município em seu estabelecimento. Mais um exemplo são as escolas do município onde se desenvolve a educação ambiental através da implantação do 5ºS, sendo esta metodologia muito útil para ajudar os alunos na aplicação e no uso da compostagem.

3.2 Projeto Piloto – Compostagem Domiciliar em Recipiente Aerado

Pretende-se estabelecer uma estação de compostagem inicial experimental paralelamente ao trabalho de Educação Ambiental nas escolas de Belo Jardim. O projeto tem como objetivo transformar restos de comida em adubo orgânico. O adubo orgânico reduz os custos pois não há necessidade de uso de fertilizantes além de que ajuda a devolver os nutrientes necessários ao solo, aumentando sua produtividade e a fertilidade do solo. Os materiais necessários para tal atividade foram: três recipientes aerados (baldes de gordura vegetal), folhas secas (qualquer tipo de folha ou espécie) e resto de comida (frutas, verduras, etc)

3.3. Montagem

Não podendo haver carnes, doces e gordura nos restos de comida, pois esses materiais não ajudam no processo e são de decomposição mais lenta. O processo deve ser feito com recipiente aerado porque ajuda no processo de controle da temperatura.

1º passo: Fazer pequenos furos no fundo de dois baldes, um ficará sem furos, neste ficará o chorume que é o resíduo gerado na decomposição dos orgânicos;

2º passo: Empilhar os três baldes um sobre o outro, os que estão perfurados ficam no segundo e terceiro nível como segue nas imagens abaixo, que são meramente ilustrativas, podendo ser usado outro tipo de reservatórios como, garrafas pet, botijão de água que não é mais usado, entre outros.

É preciso também fazer furos menores, nas laterais superiores dos três baldes, para que o oxigênio penetre na matéria orgânica, e também na tampa que ficará no topo da composteira. Instale uma torneirinha no fundo do último balde, que servirá para escoamento e armazenamento do chorume, líquido formado durante o processo de decomposição do material orgânico.

Figura 1. Montagem do sistema de compostagem



Fonte:Google, 2017

3º passo: No segundo e terceiro nível da composteira coloca-se uma camada de folhas secas, em cima da camada de folhas pôr uma camada de resto de comida. A proporção certa é para cada parte de resto de comida deve-se colocar 5x a quantidade de folhas secas.

O processo todo de decomposição demora 45 dias para ficar pronto. Nas 3 primeiras semanas, a cada 5 dias o ideal é mexer bem o composto e acrescentar água. Isso deve ser feito para evitar que a temperatura fique elevada. Passadas 3 semanas não é necessário mexer no composto e o ideal é pôr o recipiente em um ambiente coberto de chuva e de sol.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Distribuição das Atividades

- Serão desenvolvidos Monitores entre os professores e os alunos para que a montagem da composteira seja acompanhada junto com a equipe técnica da Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura.
- A manutenção da mesma será acompanhada por um técnico e será realizada junto com os monitores da escola.
- Após a conclusão do processo de maturação do composto, o mesmo será aplicado no jardim da escola.

Mesmo com a consciência dos benefícios da compostagem, a sua aplicação na pratica pode parecer difícil no dia-dia para quem não está habituado. Primeiro, o conhecimento da técnica e as suas utilidades é fundamental para que exista incentivo para aplicá-la. Uma vez informado sobre as funções da compostagem, muitas pessoas ainda podem criar desculpas ou barreiras ao uso no domicílio. Por exemplo, podem existir preocupações com o cheiro da composteira, a atração de insetos ou a

percepção que a manutenção exige um compromisso de tempo inviável para moradores em centros urbanos. Porém, existem métodos de compostagem doméstica que uma vez desmistificadas no olhar do desconhecido, se revelam como muitas práticas, econômica e simples de aplicar.

No entanto, mesmo para as pessoas que se comprometem a fazer compostagem no domicílio, existem desafios relacionados à infraestrutura dos municípios, que empecem o consumidor a poder destinar 100% dos seus resíduos orgânicos na composteira. Em municípios onde coleta seletiva não é oferecida, o descarte de resíduos orgânicos nos lixos comuns apresenta-se como única opção nos lugares públicos. Deste modo, é necessário não somente incentivar o uso de compostagem doméstica, mas também apoiar iniciativas de compostagem municipal e comunitário, para poder alcançar a totalidade dos benefícios que a prática potencializa.

Neste modelo apresentado de composteira doméstica aerada para a escola Antenor Vieira se espera após os 45 dias no máximo do processo que o composto já esteja pronto e os restos de comida já tenham sido decompostos e o adubo gerado possa ser usado perfeitamente em hortas e jardins domésticos. A principal vantagem desse processo de compostagem é evitar que uma grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos, sejam enviadas para o aterro sanitário da cidade, além de não gerar odores, não atrai a proliferação de mosquitos e ocupar um espaço pequeno na escola ou nas residências, para onde pretende-se estender o projeto.

5. CONCLUSÃO

A compostagem doméstica pode-se mostrar viável para a ciclagem de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, originando um composto com boas características físicas e químicas, com potencial para uso agrícola, como condicionador de solos e/ou como substrato para plantas, pois se devidamente conduzida, considerando-se os fatores básicos do processo, como aeração, umidade e temperatura não resultará na geração de mau cheiro e/ou atração de vetores. Portanto, consiste numa alternativa viável para a reciclagem desse tipo de resíduo, podendo ser empregada em prefeituras, escolas, casas, condomínios e propriedades rurais.

Hoje em dia fala-se muito na escassez de água potável. Previsões mais pessimistas anunciam guerras mundiais, acerca do tema "água". Assim, não é demais considerar que o tratamento adequado dos resíduos sólidos orgânicos urbanos está diretamente ligado à preservação dos mananciais, um degradante deste é o chorume tóxico tão propalado poluidor não só dos mananciais como do solo, dentre outros ambientes, está presente no resíduo sólido misturado. Mas na compostagem tem-se dado outra denominação: líquido biológico. Essa distinção está correta, pois, ele será transformado em alimento para as plantas.

Hoje em dia, está cada vez mais difícil conseguir áreas para aterros sanitários. Aterrar é um mal necessário. Mal porque em última análise considerou-se o berço do desperdício de recursos naturais. A disposição de resíduos sólidos mesmo que atendendo a todas as técnicas sanitárias é um desperdício, pois enterra preciosas riquezas. A compostagem vem na contramão desta ideia. Vem mudar a lógica e surge num ambiente em que primeiramente exige a participação do cidadão em entender e agir para transformar, por tanto, esse projeto tem viabilidade para se instalar no município, trazendo muitos

benefícios, não só para o município em si mais para sua população. A implantação da Educação Ambiental através da compostagem na escola Antenor Vieira está programada para iniciar no segundo semestre de 2017, sendo a partir de 08 de setembro de 2017.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10004. **Resíduos Sólidos – Classificação. Norma Brasileira**. Segunda Edição. Rio de Janeiro, Disponível em: <http://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file>
Consultado em: 31.05.2017.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** 2013. São Paulo, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** - 2012. Brasília, maio de 2014. Disponível em: <http://www.reusa.com.br/biblioteca/diagrs2010.pdf> Consultado: 02/05/2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Cidades Sustentáveis – **Resíduos Sólidos**. 2014. Disponível: <http://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis/residuos-solidos>. Acesso em: 18/02/2014.

CAMPBELL, S. T. U. Manual de Compostagem para Hortas e Jardins. **Como Aproveitar Bem o Lixo Orgânico Doméstico**. São Paulo: Nobel, 1999. 149p.

COSTA, C. A. C.; BRASIL, H. M. S. **Faça o Adubo para suas Plantas**. Belém: FCAP, 2000. 15p. (Serviço de Documentação e Informação) Kiehl, Edmar José. **Preparo do Composto na Fazenda**. Brasília: EMBRAPA/SNAP, 1980. 15p.

ELIAS. V. O. M., **Compostagem dos Resíduos de Filetagem da Atividade Pesqueira da Colônia de Pescadores z3**, Pelotas – RS - Florianópolis junho/2014

GALEFFI, C.; **Quem Produz Mais Lixo no Mundo**. Portal Resíduos Sólidos. 2013. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/quem-produz-mais-lixo-no-mundo>. Acesso em 30.01.2014

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos**. 2013.

MELO. S. L.; **Análise do Uso de Compostagem Doméstica em Conjuntos Habitacionais de Interesse Social na Cidade de São Domingos – Bahia**, Universidade Federal da Bahia, 2014.

NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2007, João Pessoa. Anais do 2º Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007. p. 9-14. Capturado em 27 fev. 2009. online. Disponível na internet: <http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/>. Acesso em 30/04/2017.

OLIVEIRA. M. S. R., SOUZA. M. M., SANTANA. F. R. P., MURTA., S. A.,- **Projeto de Curso: Horticultor Orgânico – Modalidade Presencial**.

PEIXOTO, J. O. **Destinação Final de Resíduos, nem sempre uma opção econômica**. Engenharia Sanitária, (1): 15-18, 1981.

ROSSI. M. R. P. S., **Compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos em Escola de Educação Básica de Caraguatatuba – SP**, Fernandópolis, SP – 2015

SILVA., M. A., MARTINS., E. S., AMARAL., W. K., SILVA., H. S. E MARTINES., E. A. L., **Compostagem: Experimentação Problematizadora e Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química** 31/03/2014;

UTCRSU.; Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos - **Apostila para a Gestão Municipal de Resíduos Sólidos Urbanos**, 2012. Disponível em:
<http://planetasustentavel.abril.com.br/blog/planeta-urgente/empresas-verdes-adotamcada-vez-mais-energia-renovavel/> Acesso em 10/04/2017.

NR-25 – p.452 <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr25.htm>. Acesso em 29/04/2017

5.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS PARA COMPOSTAGEM NO MUNICÍPIO DE DOIS RIACHOS - AL

SILVA FILHO, José Adalberto da

Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPEAMB/UFRPE)
adalbertosilva15@gmail.com

SANTOS, João Paulo de Oliveira

Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPEAMB/UFRPE)
jpos@agro.adm.br

SILVA, Neura Mendes da

Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPEAMB/UFRPE)
neuramendes@gmail.com

CAMPOS, Ana Verena Luciano Santos

Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPEAMB/UFRPE)
verena.campos@gmail.com

RESUMO

O gerenciamento dos resíduos sólidos representa um dos principais desafios para as esferas gestoras, desde o nível Federal ao Municipal. O aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos através da compostagem está associado a benefícios sociais, econômicos e ecológicos. O objetivo do presente trabalho foi estimar a fração orgânica do montante de resíduos sólidos coletados no município de Dois Riachos – AL, Brasil, assim como dimensionar uma unidade de compostagem e verificar a sua capacidade de produção. Os resultados obtidos nessa pesquisa permitiram concluir que o município em estudo tem um potencial de produzir aproximadamente 1159,38 kg/dia de composto, que pode ser aplicado tanto na produção agrícola, quanto para recuperar área degradadas ou em processo de degradação.

PALAVRAS-CHAVE: Composto, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Reciclagem.

1. INTRODUÇÃO

O debate acerca dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil está sendo cada vez mais constante na comunidade científica e presente em pautas nas políticas públicas relacionadas a sustentabilidade e a destinação adequada desses materiais (AVELAR et al., 2015). O crescimento da população, o próprio aumento dos padrões de consumo, a urbanização acelerada, o desenvolvimento dos diversos setores industriais e a fabricação de bens de consumo pouco duráveis acarretam na maior demanda por recursos naturais e, conseqüentemente, na elevada geração de RSU (DEUS, LUCA, CLARKE, 2004; COIMBRA, 2013).

De acordo com a Lei nº 12.305, de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências, o conceito de resíduos sólidos é definido como sendo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 2).

De acordo com os dados divulgados pela ABRELPE (2015), os valores referentes à geração de RSU revelam um total anual de 79,9 milhões de toneladas no país. Ainda de acordo com a pesquisa, houve um incremento nos números absolutos e no índice de disposição adequada em 2015: cerca de 42,6 milhões de toneladas de resíduos, ou 58,7% do coletado, foram dispostos em aterros sanitários; e quase 30 milhões de toneladas foram destinados de forma imprópria, em lixões ou aterros controlados.

Uma das alternativas, para reduzir o montante de RSU gerados no Brasil, é a adoção de programas efetivos para coleta seletiva e reciclagem. A compostagem é uma alternativa que pode ser citada para reciclar os resíduos orgânicos. Ela é definida como um processo biológico e aeróbico para estabilização da matéria orgânica através da microbiota, como: bactérias, fungos e actinomicetos (PEREIRA NETO, 2007).

Segundo a Lei nº 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010), a reciclagem é uma das prioridades hierárquicas na gestão de resíduos. Ainda de acordo com a referida Lei, é atribuído, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, que a coleta seletiva e a compostagem sejam implantados através do plano de gestão (BRASIL, 2010).

O descaso em relação a reciclagem acarreta no acúmulo de resíduos sólidos em aterros ou lixões e é responsável por agravantes ao meio ambiente e na saúde da população. Infelizmente, a adequada gestão de RSU no Brasil é uma realidade ainda distante. Sendo assim, uma análise da atual situação e do potencial de reutilização, reciclagem e recuperação dos resíduos é essencial para reverter esse cenário (ALBERTIN et al., 2010).

Mediante aos transtornos decorrentes do inadequado gerenciamento dos resíduos sólidos e face à problemática decorrente do grande volume gerado dos mesmos, o presente capítulo tem por objetivo avaliar o potencial de um município alagoano quanto ao aproveitamento de seus resíduos para

compostagem, além de dimensionar uma unidade para realização desse processo. O estudo e a adoção desse processo de reciclagem visam reduzir os impactos ambientais associados aos resíduos orgânicos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Compostagem

A degradação dos resíduos orgânicos é um processo que ocorre de forma natural. Porém, através da compostagem, com o controle de alguns parâmetros, é possível obter um produto final estabilizado, em melhores condições e de forma mais rápida (KIEHL, 2002). De acordo com Valente et al. (2009), a compostagem pode ser definida como:

Um processo de decomposição aeróbia controlada e de estabilização da matéria orgânica em condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, resultantes de uma produção calorífica de origem biológica, com obtenção de um produto final estável, sanitizado, rico em compostos húmicos e cuja utilização no solo, não oferece riscos ao meio ambiente (VALENTE et al., 2009, p. 59).

O processo de compostagem é conduzido com o uso de insumos de origem animal e vegetal. O objetivo é degradar e estabilizar a matéria orgânica utilizada na forma de matéria-prima, modificando as propriedades físico-químicas e biológicas até a obtenção do composto (DORES-SILVA et al., 2013). Segundo Marques e Hogland (2002), a compostagem pode ser realizada em grande escala, através das usinas de compostagem; média escala, através de leiras ou pilhas (variando com a forma de arranjo dos insumos) que apresentem volume superior a 3m³; ou pequena escala, realizadas em meio doméstico ou através de arranjos que apresentem volumes inferiores a 3m³.

A compostagem é caracterizada por apresentar as seguintes fases, com base na temperatura e na atividade microbiológica: mesofílica, termofílica e de maturação. A fase mesofílica é relativamente curta, uma vez que ocorre em poucos dias, e predominam temperaturas moderadas, cerca de 40°C. Os microrganismos vão metabolizar, principalmente, os nutrientes mais disponíveis, através da quebra das moléculas mais simples (DOUBLET et al., 2011).

Na fase termofílica, a temperatura das pilhas ou leiras de compostagem pode atingir 65 - 70°C, que possibilita a higienização do composto e a eliminação de patógenos que eventualmente estavam presentes no material inicial (CASTALDI et al., 2005). É nesta etapa que ocorre a degradação das moléculas e estruturas mais complexas da matéria orgânica (CORRÊA et al., 2012). Essa fase pode durar por dias ou até meses, a depender das características dos insumos utilizados para dar início ao processo.

A fase final é chamada de maturação, em que a temperatura abaixa e a atividade microbiológica é reduzida devido a estabilização da matéria orgânica. O composto produzido é estável, ausente de toxicidade, rico em substâncias húmicas e nutrientes minerais, possui coloração escura, elevada capacidade de retenção de água (PEREIRA NETO, 2007) e a aplicação no solo para fins agrícolas e/ou de recuperação ambiental não acarreta em prejuízo ao meio ambiente (ORRICO JÚNIOR et al., 2012).

2.2 Parâmetros Intervenientes no Processo

A boa condução do processo de compostagem é influenciada por todos os fatores que beneficiam a atividade dos microrganismos, como: temperatura, aeração, relação carbono/nitrogênio (C/N), pH, umidade, sólidos voláteis e granulometria (PEREIRA NETO, 2007). O monitoramento dos parâmetros é requisito para garantir a qualidade do composto (HECK et al., 2013).

2.2.1 Temperatura

A temperatura durante a compostagem é considerada por muitos pesquisadores como sendo o parâmetro mais relevante, sendo utilizada como indicador do avanço e da qualidade do processo (VALENTE et al., 2009; HECK et al., 2013). A temperatura atua como um condicionante a sucessão das populações microbianas e nas fases de degradação mesofílica e a termofílica (REBOLLIDO et al., 2008). Brito (2008) afirma que a temperatura exerce influência sobre o processo após um dia da mistura, o que acarreta na sua elevação no meio.

Segundo Pereira Neto (2007), quando os resíduos são agregados dar-se início, por meio dos microrganismos mesofílicos, a degradação. A elevação da temperatura ocorre pela liberação de energia na forma de calor que fica retida na massa do arranjo. Através de condições propícias, os microrganismos mesofílicos reproduzem-se rapidamente, aumentando o potencial de degradação e, assim, a temperatura atinge a faixa termofílica (PEDROSA et al., 2013). A eficiência da sanitização é função do período de exposição dos materiais da pilha ou leira, a elevadas temperaturas e da sua uniformidade no arranjo a ser compostado (ARTHURSON, 2008).

2.2.2 Aeração

O arejamento durante a compostagem é necessário para o bom êxito do processo. Como existe a atuação da microbiota aeróbia, o oxigênio se torna essencial à atividade metabólica dos microrganismos. Através da aeração, que pode ser realizada por revolvimentos manuais ou mecânicos, tem-se a decomposição de forma rápida e controlada, evitando problemas relacionados a umidade e a temperatura (COSTA et al., 2015). O fornecimento de oxigênio também pode ser feito por insuflação de ar (KIEHL, 1985).

A aeração também é utilizada para reduzir a liberação de odores desagradáveis, provenientes de prováveis condições de anaerobiose. A decomposição dos substratos orgânicos, quando ocorre na ausência de oxigênio, produz CH_4 e CO_2 , além de produtos intermediários, como ácidos orgânicos de baixo peso molecular (KIEHL, 2004; PEREIRA NETO, 2007). Em condições normais de aeração, os principais produtos do metabolismo biológico são gás carbônico, água e energia.

2.2.3 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N)

A relação C/N é um parâmetro adotado para aferir os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no desenvolvimento microbiológico, uma vez que a ação dos microrganismos heterotróficos, durante a compostagem, requer tanto a presença de carbono como fonte de energia, quanto nitrogênio para a síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997). Segundo Pereira Neto (2007), o valor ideal da relação C/N está entre 25:1 e 35:1. O tempo de decomposição dos resíduos está intimamente conectado a proporção adotada (COTTA et al., 2015).

De acordo com Costa et al. (2015), se os resíduos orgânicos aproveitados para a compostagem apresentarem uma relação C:N insuficiente, eles perdem o N na forma amoniacal, o que acarreta em prejuízos para o composto. Caso seja verificado essa condição, recomenda-se juntar materiais vegetais, ricos em celulose, para elevá-la a um valor próximo do ideal. Se a matéria prima possui relação C/N elevada, a compostagem, além de demandar mais tempo, terá um produto final com baixos teores de matéria orgânica. Nesse caso, para efetuar a correção, basta adicionar materiais ricos em nitrogênio tais como esterco, camas animais, tortas vegetais, etc. (RUSSO, 2003; CORDEIRO, 2010).

2.2.4 pH

Valores de pH entre 6,0 e 8,0 (próximo a neutralidade) são adequados aos microrganismos presentes na compostagem (SANTOS, 2007). Todavia, Pereira Neto (2007) diz que a compostagem pode ser conduzida com pH entre 4,5 e 9,5, devido a capacidade reguladora dos microrganismos, através da degradação dos compostos, que produzem subprodutos ácidos ou básicos. Porém, Primavesi (1981) afirma que valores extremos de pH podem excitar ou até inibir as enzimas presentes nos microrganismos.

O valor final de pH do composto vai depender muito dos materiais utilizados e do processo em si (SANTOS, 2007). Esse parâmetro tende a aumentar no decorrer do processo, podendo atingir valores acima de 8,0 (KIEHL, 2004).

2.2.5 Umidade

A função da água na compostagem é atender as necessidades fisiológicas dos microrganismos durante o processo de degradação. O teor de umidade próximo de 55% é considerado adequado para o processo (PEREIRA NETO, 2007; PEREIRA, 2013). A umidade ainda influencia a temperatura durante a compostagem, que é uma consequência da ação da microbiota e ocorre na fase aquosa (VALENTE et al., 2009).

O valor de umidade de uma pilha ou leira muito acima do valor descrito anteriormente tende a promover condições de anaerobiose, acarretando na produção de chorume e de mau cheiro. Já valores de umidade abaixo de 40% afetam negativamente e podem inibir a atividade microbiológica, o que traz sérias consequências ao processo de degradação (REIS et al., 2004).

2.2.6 Sólidos Voláteis

Segundo Pereira Neto (2007), os sólidos voláteis representam um parâmetro associado ao nível de degradação da massa a ser compostada. Para o processo ser eficiente, deve haver uma redução média do teor inicial de sólidos voláteis de 40%, o valor desse parâmetro tende a sofrer reduções à medida que os materiais são degradados, o que acarreta no aumento do percentual de sólidos fixos (QUEIROZ, 2007).

2.2.7 Granulometria

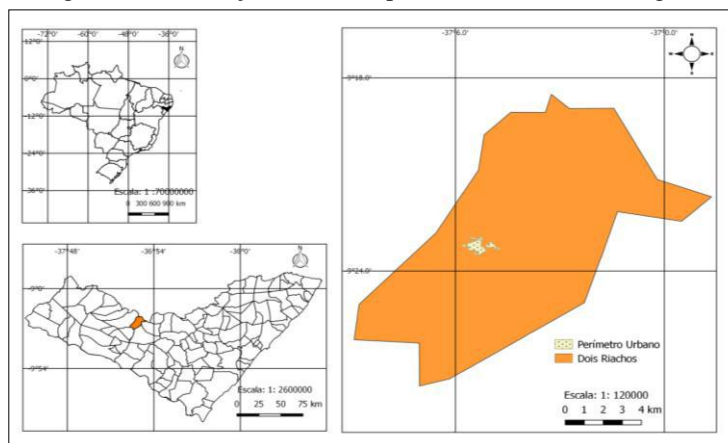
A granulometria do composto também está diretamente conectada com a eficiência do processo de compostagem. De forma geral, Pereira Neto (2007) recomenda a utilização de materiais processados para a montagem da pilha ou leira com diâmetro de 10 e 50 mm, para a obtenção de resultados satisfatórios.

De acordo com Kiehl (2004), quando mais fino esse parâmetro for, a atuação da microbiota na massa de compostagem será eficiente, devido ao aceleração das reações bioquímicas e, conseqüentemente, da deterioração dos resíduos (PEREIRA, 2013). Ainda de acordo com a última autora, partículas com grande espessura podem prejudicar a compostagem, por meio da baixa retenção de água e por possuírem baixa superfície de contato com a microbiota.

3. METODOLOGIA

O município de Dois Riachos (Figura 1) está situado no Sertão Alagoano, na microrregião de Santana do Ipanema. É delimitado pelas coordenadas 09° 23' 34" de latitude Sul e 37° 06' 03" de longitude Oeste. Pela classificação de Koppen (1936), o município apresenta clima do tipo BSsh', muito quente, semiárido, tipo estepe, com temperaturas do mês mais frio superiores a 18°C. Sua economia gira basicamente em torno da agricultura e pecuária (CPRM, 2005).

Figura 1. Localização do município de Dois Riachos, Alagoas.



Segundo o IBGE, a população do município em 2010 era de 10.879 habitantes. Desse total, 5085 moravam na zona urbana. O recolhimento dos resíduos sólidos gerados pelo município é função do poder público municipal e, atualmente, todos os resíduos coletados são destinados para o aterro do Consórcio Intermunicipal para Gestão dos Resíduos Sólidos (CIGRES), que reúne municípios do sertão e da bacia leiteira de Alagoas. No entanto, o referido aterro se localiza entre os municípios de Olho D'Água das Flores e Olivença, um percurso de aproximadamente 30 km de Dois Riachos, em estrada de terra batida.

O presente trabalho se baseou em pesquisas bibliográficas realizadas em revistas científicas, livros, teses e dissertações para que se pudesse entender mais sobre a questão da compostagem e suas aplicações práticas. A partir dos dados levantados, obteve-se o potencial da utilização dessa técnica para a realidade do município em estudo. Para o dimensionamento de uma unidade de compostagem, foram utilizadas as seguintes equações: cálculo da área de seção reta (Equação 1), volume da leira de compostagem - V (Equação 2), e comprimento da leira - L (Equação 3), conforme descrito por Pereira Neto (2007):

$$As = \frac{\text{Altura (m)} \times \text{Largura (m)}}{2} \quad (\text{Equação 1})$$

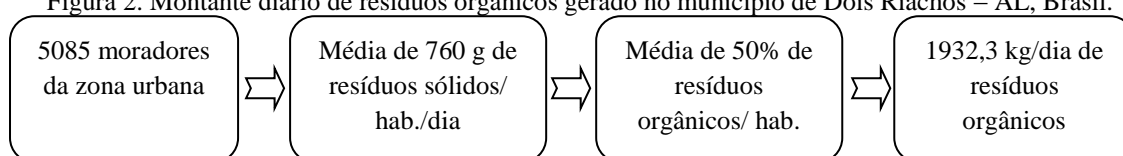
$$V = \frac{\text{Massa dos resíduos orgânicos (Kg)}}{\text{Densidade da massa de compostagem } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad (\text{Equação 2})$$

$$L = \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{As \text{ (m}^2\text{)}} \quad (\text{Equação 3})$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a ABRELPE (2015), a quantidade de resíduos domiciliares produzida por habitante no Estado de Alagoas, em 2015, é um valor próximo a 760 g diários. Ele é caracterizado por apresentar alto teor de matéria orgânica (50% a 70%) (PEREIRA NETO, 1995). Dessa forma, para o município de Dois Riachos tem-se:

Figura 2. Montante diário de resíduos orgânicos gerado no município de Dois Riachos – AL, Brasil.



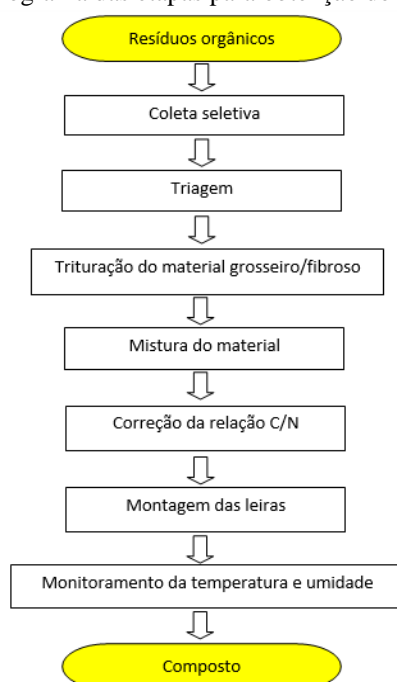
Diariamente, a zona urbana de Dois Riachos possui uma capacidade de gerar 1932,3 kg de resíduos orgânicos. Deve-se considerar que atualmente todo esse montante é levado para o aterro sanitário do CIGRES, o que requer um gasto de transporte. Se o município iniciar um processo de compostagem local, esse gasto seria reduzido em pelo menos 50%, uma vez que os resíduos seriam aproveitados e, conseqüentemente, a carga total seria reduzida.

No dimensionamento da unidade de compostagem para o referido município foram adotadas leiras com seção reta triangular com 1,70 m de altura e 1,80 m de largura, o que conferiu, de acordo com a Equação (1), uma área de 1,53 m². Adotando-se a densidade de mistura dos resíduos como sendo igual a 550 Kg/m³, conforme o Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos (MMA, 2010), foi obtido um volume e comprimento da leira de compostagem de aproximadamente 3,5 m³ e 2,3 m, de acordo com as Equações (2) e (3), respectivamente.

As dimensões da leira obtidas foram: 1,7 x 1,8 x 2,3. A área de sua base é igual 4,14 m², devendo-se ainda admitir uma folga para o seu reviramento. Logo, cada leira ocupará 8,28 m². Supondo-se que seja montada uma leira por dia e que o período de compostagem seja de 100 dias, de acordo com as especificações descritas em Pereira Neto (2007), a área útil do pátio de compostagem será de 828 m². Adotando-se um coeficiente de segurança de 10%, tem-se uma área de 910,8 m².

A unidade ainda deve possuir um galpão para triagem de resíduos orgânicos (20 m²), uma sede administrativa (30 m²) e um espaço para estocagem do composto (20 m²). A área total da unidade de compostagem obtida foi de 980,8 m². Para o máximo aproveitamento dos resíduos orgânicos, deve ser desenvolvida uma conscientização por parte da população em separar todo o material apto a se transformar em composto, partindo para uma coleta seletiva dos resíduos. Todo o processo é descrito no fluxograma abaixo:

Figura 3. Fluxograma das etapas para obtenção do composto.



Toda a condução do processo pode ser realizada no próprio município, gerando assim uma fonte assimiladora de mão-de-obra. O montante de resíduos gerados por dia é pequenodevido ao porte do município, o que facilita as etapas da compostagem. De acordo com Pereira Neto (2007), um processo de compostagem eficiente apresenta redução média do teor inicial de sólidos voláteis de 40%. Dessa forma, o município em estudo tem capacidade para gerar um total de aproximadamente 1159,38 Kg/dia de composto.

O composto é um ótimo condicionador para o solo, sendo capaz de proporcionar benefícios nas propriedades físicas, químicas e biológicas, como no aumento: da capacidade de retenção de água e da macroporosidade, da disponibilidade de macro e micronutrientes, da capacidade de troca catiônica e, ainda, estimular o desenvolvimento de microrganismos benéficos, que podem atuar no controle defitopatógenos (MATOS et al., 1998; FEBRER, 2002; MAGALHÃES et al., 2006; PEREIRA NETO, 2007; SANTOS et al., 2014).

A produção de mudas para arborização urbana e recomposição de matas ciliares constitui uma forma de aplicação desse material obtido. Segundo dados do Relatório de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite (MMA, 2011), Dois Riachos possuía até 2008, 134,822 km² de Caatinga antropizada. Considerando que a área do município é de 140 km², apresenta baixa precipitação e alta evapotranspiração, os processos de desertificação se tornam de provável ocorrência. Os municípios vizinhos também enfrentam problemas de cunho ambiental, carecendo de programas e medidas de recuperação de áreas degradadas. Assim, a produção e aplicação do composto auxiliaria a própria região.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram verificados o potencial e a viabilidade do município de Dois Riachos-AL, Brasil para a compostagem. De modo geral, observou-se que, mesmo em um município do interior e com poucos habitantes, a proposta de instalação de uma unidade de compostagem mostrou-se viável. Com a operação e a aplicação da técnica apresentada, foi estimada uma produção diária de aproximadamente 1159,38 kg de composto para a área de estudo.

Observou-se também, com a condução da pesquisa, que existe um gasto elevado no transporte dos resíduos sólidos no atual sistema. Caso a compostagem fosse utilizada na reciclagem da fração orgânica, o município faria uma economia em termos de transporte de material para o aterro do Consórcio Intermunicipal para Gestão dos Resíduos Sólidos.

A técnica visa agregar valor aos resíduos e transformá-los em matéria-prima, além de contribuir para a gestão de resíduos sólidos, conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010). O produto final, que é oriundo de um processo de tratamento adequado para os resíduos orgânicos, pode ser utilizado na própria área de estudo ou em municípios vizinhos, além de ser possível a obtenção de lucro com a sua venda.

REFERÊNCIAS

ALBERTIN, R. M.; MORAES, E.; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D.; CORVELONI, E. SILVA, F. F. Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Flórida - Paraná. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 4, n. 2, p. 118 – 125, 2010.

ARTHURSON, V. Proper sanitization of sewage sludge: A critical issue for a sustainable society. **Applied and Environmental Microbiology**, v.74, n. 17, p. 5267-5275, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>> Acesso em: 27 de maio de 2017.

AVELAR, G. F.; SILVA, R. R. BARBOSA, G. S. Análise do perfil de conhecimento da população sobre a compostagem de acordo com a gestão na política nacional de resíduos sólidos em zonas censitárias da cidade de João Pessoa. **Revista Ambiental**, v. 1, n. 3, p. 56-65, 2015.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, D.F., 3 agosto de 2010, Seção 1, p. 3.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite**: acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. MMA: Brasília, 46 p. 2011.

BRITO, M. J. C. **Processo de Compostagem de Resíduos Urbanos em Pequena Escala e Potencial de Utilização do Composto como Substrato**. 2008. 127 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2008.

CASTALDI, P.; ALBERTI, G.; MERELLA, R.; MELIS, P. Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. **Waste Management**, v. 25, n. 2, p. 209-213, 2005.

COIMBRA, J. B. **Avaliação de impactos na saúde ocasionados pela disposição de resíduos sólidos**: o lixão e a unidade de triagem e compostagem como cenários de exposição. 2013. 110 fls. Dissertação (Mestrado), Programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

CORDEIRO, N. M. **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos: caso de estudo da Algar S.A.** 2010. 102 fls. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

CORRÊA, É.K.; COREZZOLLA, J.L.; M.N. CORRÊA; BIANCHI, I.; GIL-TURNES, C.; LUCIA, T. JR. Chemical characteristics of beddings for swine: Effects of bedding depths and of addition of inoculums in a pilot-scale. **Bioresource Technology**, v. 123, n. 1, p. 62-65, 2012.

COSTA, A. R. S.; XIMENES, T. C. F.; XIMENES, A. F.; BELTRAME, L. T. C. O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos. **GEAMA Journal**, v. 2, n. 1, p. 116-130, 2015.

COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 20, n.1, p. 65-78, 2015.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**: Diagnóstico do município de Dois Riachos, estado de Alagoas. Organizado [por] MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C.; MORAIS, F.; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DEUS, A. B. S.; LUCA, S. J.; CLARKE, R. T. Índice de impactos dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 329 – 334, 2004.

DORES-SILVA, P.R.; LANDGRAF, M. D.; DE O. REZENDE, M. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem versus Compostagem. **Revista Química Nova**, v.36, n. 5, p. 640-645, 2013.

DOUBLET, C.J.; POITRENAUD, F. M.; HOUOT, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability, **Bioresource Technology**, v. 102, n.2, p. 1298-1307, 2011.

FEBRER, M. C. A. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia e Agricultura**, v.10, n.1-4, p.18-30, 2002.

HECK, K.; MARCO, E. G.; HAHN, A. B. B.; KLUGE, M.; SPILKI, F. R.; VAN DER SAND, S. Evaluation of degradation temperature of compounds in a composting process and microbiological quality of the compost. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 54–59, 2013.

- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba. 492 p. 1985.
- _____. **Manual de compostagem maturação e qualidade do composto**. São Paulo: Agronômica Ceres, 171p. 2002.
- _____. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4ª ed. E. J. Kiehl. Piracicaba. 173 p. 2004.
- KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. In: Köppen W, Geiger R (eds) *Handbuch der Klimatologie*. GebrüderBorntraeger, Berlin, p 1–44. 1936.
- MAGALHÃES, M. A.; MATOS, A. T.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I. F. F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.466–471, 2006.
- MARQUES, M.; HOGLAND, W. Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas. XVIII Inter - american Congress of Sanitary and Environmental Engineering, **Anais...** Cancun, México, 2002.
- MATOS, A. T.; VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A.; GARCIA, N. C. P.; RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.199-203, 1998.
- MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE – MMA. Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos. 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/3_manual_implantao_compostagem_coleta_seletiva_cp_125.pdf>. Acesso em: 27.05.2017.
- ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J.; SAMPAIO, A. A. M.; FERNANDES, A. R. M.; OLIVEIRA, E. A. Compostagem dos dejetos da bovinocultura de corte: influência do período, do genótipo e da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1301-1307, 2012.
- PEDROSA, T. D.; FARIAS, C. A. S.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Revista Nativa**, v. 1, n. 1, p. 44-48, 2013.
- PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: UFV. 81 p. 2007.
- PEREIRA NETO, J.T. **Um sistema de reciclagem e compostagem, de baixo custo, de lixo urbano para países em desenvolvimento**. Viçosa: UFV, 16p, 1995.
- PEREIRA, R. A. **Compostagem em pequena escala e uso do composto como substrato na germinação de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. 2013. 56 fls. Dissertação (Mestrado em sistemas agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. Nobel. São Paulo. 535 p. 1981.
- QUEIROZ, F. F.; **Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Londrina. 66p. 2007.
- REBOLLIDO, R.; MARTÍNEZ, J.; AGUILERA, Y.; MELCHOR, K.; KOERNER, I.; STEGMANN, R. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. **Applied Ecology and Environmental Research**, v.6, n. 3, p. 61-67, 2008.
- REIS, M. F. P.; ESCOSTEGUY, P. V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Passo Fundo, UPF, 2004.
- RUSSO, M. A. T. **Tratamento de resíduos sólidos**. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. 2003. 196 p.

SANTOS, J. L. D. **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis.** 2007. 144 fls. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2007.

SANTOS, A. T. L.; HENRIQUE, N. S.; SHHLINDWEIN, J. A.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15-28, 2014.

SHARMA, V. K.; CANDITELLI, M.; FORTUNA, F.; CORNACCHIA, C. Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic composting: review. **Energy Conversion and Management**, v. 38, n. 5, p. 453-478, 1997.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR., B. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 59-85, 2009.

5.5 AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DO LODO EM ETE INDUSTRIAL COMO FERTILIZANTE PARA CULTIVO AGRÍCOLA

NEVES, Talles Iwasawa

Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba
talles.neves@cear.ufpb.br

ABRAHÃO, Raphael

Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba
raphael@cear.ufpb.br

RESUMO

Novas soluções para a destinação final do lodo gerado por Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) são necessárias devido ao novo cenário imposto pela Lei 12.305/10, que passou a proibir a destinação final em aterros, destino este mais comumente usado para esse resíduo sólido. O objetivo do trabalho foi avaliar se o lodo gerado por uma ETE de indústria têxtil do Distrito Industrial de João Pessoa está apto para uso como fertilizante agrícola. Para isso, foram realizadas análises laboratoriais segundo a NBR 10.004 para classificação do resíduo gerado, e a Conama 375/06, que impõe limites para dosagem de lodos gerados por ETE, durante 4 anos consecutivos. O lodo se mostrou apto para aplicação agrícola, por ser considerado, segundo as análises laboratoriais realizadas, um resíduo não perigoso que possui elementos fertilizantes em sua composição, além de não ser potencial causador de contaminação ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo, Biossólido, Agricultura.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos gestores de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) é a disposição final do resíduo comumente gerado nesses processos, o lodo. Normalmente, esse resíduo era disposto em aterros sanitários, no entanto com a promulgação da Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, essa prática teria que ser abolida, já que pelos novos conceitos impostos pela lei, o lodo é classificado como resíduo passível de aproveitamento, não podendo mais ser disposto em aterros.

Além do ponto de vista legal, a disposição final do lodo pode onerar em até 60% do custo operacional de uma ETE (VON SPERLING, 2001). Assim, busca-se alternativas para o seu aproveitamento, para atender tanto o aspecto legal quanto a diminuição dos custos operacionais com sua disposição. Segundo Fernandes e Silva (1999), as principais alternativas para disposição final do lodo é sua incineração, disposição em aterros, disposição oceânica e diversas formas de disposição no solo, tais como o uso como fertilizante agrícola, recuperação de áreas degradadas, reflorestamento, dentre outros.

A alternativa de disposição no solo como fertilizante agrícola é uma das mais viáveis economicamente, pois exige baixo investimento de implantação, além de proporcionar um incremento econômico com a produção de alguma cultura agrícola. Segundo Bettiol e Camargo (2006), o lodo de esgoto ocasiona incrementos de diversos macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (zinco, molibdênio, cobre, ferro) ao ser aplicado no solo. Apesar de apresentar componentes benéficos ao solo, o lodo também pode apresentar componentes tóxicos nocivos ao solo e à planta. Bettiol e Camargo (2006) citam que apesar das diversas vantagens oriundas da aplicação do lodo no solo, este pode apresentar componentes tóxicos em sua composição, como metais pesados e microrganismos patogênicos.

Devido ao fato, diversos países regulamentaram normas e leis para realizar o controle da dosagem de bio sólido, termo este utilizado segundo Andreoli et al. (2006) para o lodo de esgoto desidratado que possui características fertilizantes. O pioneirismo no Brasil foi a norma provisória expedida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), NT PR.230 (CESTESB, 1999), que regulamentou o uso agrícola de lodos obtidos por tratamentos biológicos, incluindo o lodo de esgoto. Devido às diferenças edafoclimáticas, outros estados como o Distrito Federal e Paraná também disciplinaram normas para aplicação do bio sólido como fertilizante agrícola, culminando com a norma federal expedida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) 375/06 (BRASIL), que definiu os critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados.

Segundo NEVES (2017), a Resolução Conama 375/06 estabelece os cálculos para as dosagens a serem aplicadas, os limites seguros de alguns parâmetros presentes no bio sólido, sendo necessária a caracterização inicial do bio sólido e da área onde o mesmo será aplicado. Para aplicação do bio sólido no solo é necessário ainda sua caracterização de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), não podendo o resíduo ser caracterizado como resíduo perigoso classe 1.

Assim, o objetivo do trabalho foi realizar a caracterização do bio sólido gerado por indústria têxtil do Distrito Industrial de João Pessoa/PB, durante 4 anos, segundo NBR 10.004 (ABNT, 2004) e Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006), atestando sua viabilidade legal para aplicação no solo

segundo as mesmas normativas, avaliando a cada amostragem o seu potencial como possível substituinte dos fertilizantes químicos comerciais para cultivo agrícola.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria têxtil é caracterizada pelo alto consumo de água em seus processos, e o efluente gerado possui grau médio de potencial de contaminação, com a tinturaria e o beneficiamento do produto sendo as etapas de maior potencial poluidor (TOLEDO, 2004). Hassemer e Sens (2002) destacam que o processamento têxtil é gerador de expressiva quantidade de efluentes líquidos poluidores, devido principalmente à utilização de diversos produtos químicos em seus processos, apresentando alta carga orgânica, cor acentuada e compostos químicos tóxicos aos seres vivos e ao meio ambiente.

Os despejos líquidos produzidos pela atividade têxtil devem ser tratados por ETE's, com o intuito de reduzir a carga poluidora advinda do processamento industrial, diminuindo assim os efeitos poluentes sob a saúde pública e meio ambiente (LAMBOLEZ et al., 1994; FERNÁNDEZ *et al.*, 1995). Kunz e Zamora (2002) relatam que as ETE de indústrias têxteis normalmente se baseiam em processos físico-químicos de tratamento preliminar e primário, seguidos de tratamento secundário biológico, consistindo na sistemática dos lodos ativados e suas variantes.

Antes mesmo de construir ETE's são necessários estudos para se avaliar a operacionalidade e disposição dos resíduos gerados (SILVEIRA e ARAÚJO, 2017). As ETE's, principalmente as baseadas em processos biológicos de remoção de carga orgânica, se caracterizam por produzir um resíduo semissólido pastoso, de natureza orgânica, denominado lodo de esgoto (ANDRADE, 1999). O segmento têxtil é caracterizado por ser um dos maiores produtores de lodo de ETE (ASIA et al., 2006), e estudos no estado de Santa Catarina indicam uma produção de 5kg de lodo para cada 1000 litros de água tratada (KNUTH, 2001).

O lodo produzido é tratado a partir de processos físico-químicos e biológicos no intuito de gerar um resíduo de menor volume e mais estável, reduzindo assim os custos do processo de tratamento e disposição final do resíduo (PEDROZA et al., 2010). Desde agosto de 2014, com a promulgação da Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010), sua disposição comumente utilizada, a disposição em aterros, teria que ser encerrada. Segundo Neves (2017), essa prática diminuía a vida útil dos aterros, sobrecarregava-o, desperdiçando ainda um resíduo que possui diversas formas de aproveitamento: agricultura, incineração, biomassa, entre outros. A necessidade da preservação ambiental na busca da destinação correta dos resíduos sólidos produzidos nos tratamentos de efluentes industriais e domésticos é um grande desafio aos gestores de ETE, de encontrar formas ambientalmente e economicamente viáveis de reaproveitamento do lodo (GODOY, 2013).

Estudos devem ser realizados para avaliar as alternativas de gerenciamento e disposição final do lodo, sendo necessário estudar as características iniciais do lodo, os processos de tratamento envolvidos, as taxas de produção de lodo, tipos de solo e agricultura predominante da região e até a legislação ambiental vigente (FERNANDES et al., 2001). Rosa (2014) expõe que somente depois da realização desse estudo de viabilidade é que se deve definir a forma de gerenciamento e disposição final, devendo-se atender aos critérios técnicos, econômicos e ambientais.

Aproximadamente 90% do lodo produzido mundialmente tem basicamente 3 tipos de disposição final: disposição em aterros, incineração e disposição como fertilizante agrícola (TRABALLI; MAKIYA, 2009). Fernandes e Silva (1999) relatam que a reciclagem agrícola é uma das formas mais utilizadas para disposição final do lodo, transformando o lodo em um fertilizante agrícola, contribuindo assim para o fechamento do ciclo biogeoquímico dos nutrientes, fornecendo matéria orgânica ao solo e evitando a emissão de CO₂ na atmosfera. Os principais efeitos do lodo/biossólido no solo são ocasionados pela presença de matéria orgânica, melhorando a agregação das partículas e a porosidade, elevando os teores de nutrientes, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica, condutividade e pH (CAVALLARO et al., 1993; MELO e MARQUES, 2000; OLIVEIRA et al., 2002).

É indiscutível o potencial do uso do biossólido na agricultura, porém o seu uso deve ser realizado de forma racional, de modo a não causar qualquer prejuízo ao homem e ao meio ambiente (LUDUVICE, 2000). Segundo Galdos et al. (2004) a aplicação do biossólido não é isenta de problemas, já que em sua composição podem existir elementos tóxicos aos seres vivos e ao meio ambiente, como metais pesados e microrganismos patogênicos. Em sua composição, o biossólido possui componentes indesejáveis, como metais pesados, microrganismos patogênicos e materiais possivelmente tóxicos, que mesmo após processos de tratamento, sua aplicação inadequada pode implicar danos à saúde humana e ao meio ambiente (MESQUITA et al., 2017).

Segundo Silva et al. (2000), a aplicação do biossólido tem que ser disciplinada por normativas, como já é feito nos países europeus e nos Estados Unidos, para que os riscos inerentes à aplicação do biossólido sejam diminuídos. O estado de São Paulo foi o primeiro a ter uma regulamentação sobre o assunto, a partir de normas provisórias estaduais - NT PR.230 – (CETESB, 1999), que regulamentou o uso agrícola de lodos oriundos de tratamentos biológicos. Após isso, alguns outros estados disciplinaram a aplicação de lodo: no Distrito Federal, a partir da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb) distribuía lodo para aplicação agrícola mediante um termo assinado pelo usuário para a aplicação estar em conformidade com as normas utilizadas pela *United States Environmental Protection Agency* (Usepa) em 1993 nos EUA. No Paraná, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) lançou um manual para orientação dos usuários para aplicação do lodo em solos agrícolas (BARBOSA, 2006).

Em 2006, foi regulamentado pela primeira vez em âmbito nacional pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), a aplicação de lodo oriundo de ETE, através da Resolução 375/06 (BRASIL, 2006), que define os critérios e procedimentos para o uso agrícola desse resíduo e de seus produtos derivados. Apesar de diferentes regras e encaminhamentos entre os países, e até mesmo entre estados de determinada federação, a experiência mundial tem demonstrado que a dosagem de lodo seguindo as mesmas diretrizes e regras de outros países não ocasiona efeitos deletérios ao homem e ao meio ambiente (WEBBER, 1998). Assim, a partir das análises físico-químicas e biológicas do biossólido, pretende-se provar a viabilidade desse resíduo para aproveitamento como fertilizante agrícola, proporcionando incrementos de nutrientes ao solo sem causar qualquer tipo de contaminação ao mesmo.

3. METODOLOGIA

A caracterização do resíduo gerado foi realizada uma vez ao ano, durante 4 anos consecutivos (2014 a 2017), de acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), que classifica os resíduos sólidos. Segundo esta normativa, os resíduos sólidos podem ser classificados como perigosos (Classe I) e não perigosos (Classe II), esses últimos desmembrados em Classe II A, que são os resíduos não perigosos não inertes, e Classe IIB, que são os não perigosos inertes. Esta caracterização foi feita, pois os resíduos classificados como perigosos (Classe I) não podem ser aplicados ao solo, devido a sua capacidade de contaminação.

Concomitantemente às análises do lodo segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004), foram realizadas as análises desse mesmo resíduo segundo a Conama 375/06 (BRASIL, 2006). Esta norma estabelece as análises iniciais a serem feitas para caracterização do lodo, incluindo os aspectos para o potencial agrônomo, substâncias orgânicas e inorgânicas potencialmente tóxicas, indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos e a estabilidade do resíduo. As análises também foram realizadas por 4 anos consecutivos, de 2014 a 2017, uma vez ao ano, e assim pôde-se avaliar se o resíduo gerado pela indústria têxtil possuía as características necessárias para uso agrícola, além de estar em conformidade com todos os limites impostos para os parâmetros que possam causar algum tipo de contaminação ao solo.

A caracterização do efluente têxtil é difícil de ser realizada devido à descontinuidade dos processos e também a diversidade de produtos e matérias-primas utilizados (MARTINS, 1997). Devido a essas variações, a composição do lodo formado pelo sistema também pode variar. Bettiol e Fernandes (2004) relatam que sua composição vai variar de acordo com o tratamento de efluente empregado, das características iniciais do efluente e até mesmo fatores sazonais. No setor têxtil é variável o uso de matéria prima e produtos de acordo com a coleção a ser lançada, contribuindo assim para a variação do efluente gerado e conseqüentemente o lodo gerado. Justifica-se assim, as análises realizadas durante 4 anos, devido à variação das características do lodo gerado, a depender dos processos realizados na fabricação dos produtos têxteis.

As coletas foram realizadas de forma pontual e no mesmo dia para todas as análises de cada ano. Foi coletado o lodo desidratado, após tratamento por adensamento, condicionamento químico e desidratação. O lodo gerado foi coletado em uma ETE cujo processo se baseia na metodologia de tratamento de lodos ativados de aeração prolongada de uma indústria têxtil localizada no pólo industrial de João Pessoa/PB. As amostras coletadas foram enviadas e analisadas em laboratório credenciado de Recife/PE, seguindo toda a metodologia de análises laboratoriais informadas pelas duas normas seguidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados alcançados pelas análises realizadas durante os 4 anos, pôde-se avaliar a viabilidade de aplicação do bioestabilizado como fertilizante para cultivo agrícola. Os resultados alcançados nas análises realizadas segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação do bioossólido segundo a NBR 10.004.

Resíduo – Ano	Classificação (NBR 10.004)
Bioossólido – 2014	Classe IIA – resíduo não inerte
Bioossólido – 2015	Classe IIA – resíduo não inerte
Bioossólido – 2016	Classe IIB – resíduo inerte
Bioossólido – 2017	Classe IIA – resíduo não inerte

Os resultados obtidos com as análises segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004) demonstram que o bioossólido não é classificado como resíduo perigoso Classe I, não tendo qualquer tipo de característica de corrosividade, patogenicidade, inflamabilidade, toxicidade ou periculosidade. Caso fosse classificado como Classe I, esse resíduo não poderia ser disposto no solo. Segundo a Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006), os resíduos classificados como Classe A podem ser utilizados para qualquer cultura e os classes B são restritos a algumas culturas, como para o café e para silvicultura. É vedada, segundo a mesma Resolução, o uso do bioossólido para qualquer cultura em que a parte comestível entre em contato com o solo.

Provada a classificação como resíduo não perigoso do bioossólido gerado, passou-se a análise dos resultados obtidos segundo a Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006). Primeiramente foram analisados os parâmetros que conferem potencial de contaminação ao solo e à cultura e que são regidos por limites máximos permitidos de concentração no bioossólido segundo esta mesma legislação. Os resultados obtidos para os metais constantes na Resolução Conama 375/06 e seus limites permitidos para aplicação no solo (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados dos metais constituintes no bioossólido e limites permitidos pela normativa.

Metais	Resultados (mg/kg)				Concentração Máxima Permitida em mg/kg (Conama 375/06)
	2014	2015	2016	2017	
Arsênio	< 1	< 1	< 0,5	< 1	41
Bário	195	134	116	38,4	1300
Cádmio	< 0,1	< 0,1	< 0,049	< 0,1	39
Chumbo	< 1	< 1	1,16	< 1	300
Cobre	499	275	724	81	1500
Cromo	7,09	1,91	3,98	1,34	1000
Mercúrio	0,298	< 0,05	0,121	< 0,05	17
Molibdênio	< 1	< 1	1,72	< 1	50
Níquel	5,20	2,06	3,55	1,10	420
Selênio	< 1	< 1	< 0,5	< 1	100
Zinco	90	34,5	54,6	17,8	2800

Nenhum metal ultrapassou os limites impostos pela Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006). É importante salientar que a presença de algum deles é de suma importância para o desenvolvimento das culturas, desde que estejam dentro do limite imposto pela normativa, pois funcionam como micronutrientes para as plantas em seu desenvolvimento, como por exemplo, o zinco e o molibdênio. Devido à baixa solubilidade e mobilidade no solo, além da capacidade da matéria orgânica presente complexar esses metais, diminuindo o conteúdo disponível para absorção pelas

plantas, associado aos teores encontrados nas amostras coletadas, seu poder de contaminação é baixo (CANELLAS et al., 2000; MUCHOVEJ e OBREZA, 2004). Segundo Frosta e Ketchum Júnior (2000), os metais constituintes do biossólido, por se encontrarem associados com compostos orgânicos, apresentam capacidade de menor absorção pelas plantas do que os presentes nos fertilizantes químicos comerciais.

Além dos metais, é necessário avaliar a qualidade microbiológica do biossólido, pois esse resíduo pode conter agentes patogênicos, ocasionando poluição ambiental e veiculação de doenças. Os resultados encontrados nos 4 anos de análises (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da avaliação de agentes patogênicos constituintes do biossólido e a concentração máxima permitida segundo normativa vigente.

Controle microbiológico	Resultados				Concentração Máxima Permitida em mg/kg (Conama 375/06)
	2014	2015	2016	2017	
Coliformes termotolerantes (NMP/g de ST)	16	92	7100	43	Resíduo Classe A: < 10 ³ NMP/g de ST Resíduo Classe B: < 10 ⁶ NMP/g de ST
Ovos viáveis de helmintos (ovo/g de ST)	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	Resíduo Classe A: < 0,25 ovo/g de ST Resíduo Classe B: < 0,10 ovo/g de ST
Salmonella (Ausência em 10g de ST)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Resíduo Classe A: Ausência em 10g de ST
Vírus (< 0,25 UFP)	Ausente	< 0,1	< 0,25	< 0,25	< 0,25 UFP

NMP: Número Mais Provável; ST: Sólidos Totais; UFP: Unidade Formadora de Placa

Todos os valores encontrados estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006). Nota-se um valor elevado para o resultado de coliformes termotolerantes no ano de 2016, porém ainda dentro dos limites estabelecidos. A resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006) estabelece em seu artigo 16 ser necessário constar no projeto agrônomico o tratamento de estabilização utilizado para redução da atratividade de vetores e inativação de patógenos, constando em um dos seus anexos as formas como isso pode ser feito. Segundo Ilhenfeld et al. (1999), um dos processos mais utilizados no estado do Paraná para higienização do lodo é a dosagem de cal a 50% do peso seco, o que reduz a conteúdos mínimos a presença de patógenos no biossólido. Assim, espera-se uma redução maior nos valores encontrados nessas análises com o possível tratamento de estabilização e higienização do biossólido para aplicação no solo.

Foram feitas também em todos esses anos as análises de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas estabelecidas pela Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006). Para todas elas, sem exceção, todos os parâmetros analisados estavam dentro dos limites impostos pela legislação supracitada. Para aplicação no solo como possível fertilizante, além de não causar qualquer efeito negativo no quesito contaminações, o biossólido deve possuir elementos em sua composição que confira características essenciais para o desenvolvimento da cultura a ser implantada. Para isso, foi realizada a análise do potencial agrônomico do biossólido, de acordo com o estabelecido pela Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006) (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos parâmetros estabelecidos pela Resolução Conama 375/06 para o potencial agrônômico do biossólido.

Parâmetro	Resultados			
	2014	2015	2016	2017
Cálcio Total (mg/kg)	14500	9620	10600	3360
Carbono Orgânico (% p/p)	3,01	2,26	5,76	3,32
Enxofre Total (mg/kg)	21400	4680	2000	1510
Fósforo Total (mg/kg)	2410	1780	1260	644
Magnésio Total (mg/kg)	16100	10000	10100	3260
Nitrato (mg/kg)	43,8	< 6,1	275	13,1
Nitrito (mg/kg)	6,53	< 1,2	< 2	4,51
Nitrogênio Amoniacal (mg/kg)	1584	238	92,7	27,3
Nitrogênio Kjeldhal (mg/kg)	1610	7320	12200	876
pH	9,68	7,90	6,43	6,87
Potássio Total (mg/kg)	2550	3450	1910	569
Sódio Total (mg/kg)	5730	5140	3650	1200
Sólidos Totais (% p/p)	14,9	15,8	17,6	14,8
Sólidos Voláteis (% p/p)	5,48	9,09	10,6	6,53

% p/p – porcentagem em massa

Notou-se uma variação considerável para os resultados da maioria dos parâmetros para cada ano. Isso pode ser explicado pela variação do efluente têxtil e das quantidades produzidas durante o ano, que mudam de acordo com a coleção produzida e a demanda de vendas, o que impacta diretamente nas características inerentes ao lodo produzido. Bettiol e Fernandes (2004) relatam que alguns fatores contribuem para a variação da composição química do lodo gerado, dentre eles os fatores sazonais, muito influenciados na indústria têxtil pelos fatores de demanda e coleções produzidas.

Pelas quantidades de fósforo e nutrientes presentes no biossólido, estes seriam capazes de substituir os fertilizantes químicos comerciais como fonte de nutrientes para diversos cultivos (TSUTIYA, 1999). Apesar dos resultados variáveis durante os anos de análises, avaliando-se a média para os resultados desses dois parâmetros, os resultados foram satisfatórios. Melo e Marques (2000) apresentaram, no desenvolvimento dos seus trabalhos, informações acerca do incremento de nutrientes ao solo na aplicação de biossólido para diversas culturas, dentre elas a cana-de-açúcar e o milho.

Alguns autores como Melo e Marques (2000) e Tsutiya (1999) afirmam que o lodo de esgoto tem deficiência em potássio, devido a sua solubilidade que faz com que ele fique na parte líquida do efluente tratado, recomendando assim a suplementação do biossólido com potássio. Ao contrário desses autores, Neves (2017), em seu experimento em Pedras de Fogo (Paraíba) com capim-elefante, fertilizou o solo com o biossólido sem precisar realizar qualquer suplementação, alcançando resultados superiores de produtividade no primeiro corte ao alcançado pela fertilização química comercial. O valor médio encontrado nessa caracterização de 4 anos para o potássio é similar ao encontrado por Neves (2017) em sua caracterização.

Os teores de cálcio, magnésio e sódio, apesar de serem nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, podem causar o aumento da salinidade do solo. Esses elementos podem alterar as

condições físico-químicas do solo devido à possível elevação do seu potencial osmótico, prejudicando o desenvolvimento das raízes e, por conseguinte, das plantas (LIMA, 1998). Assim, principalmente em dosagens sucessivas, o controle desses parâmetros é de suma importância, assim como o enxofre, onde Melo e Marques (2000) notaram o seu aumento no solo em seu experimento com a aplicação de doses sucessivas de lodo de esgoto em latossolo para o plantio de cana-de-açúcar.

Quanto ao pH, o valor do primeiro ano estudado foi bem elevado, enquanto nos outros anos os resultados ficaram próximos à neutralidade. Segundo Ceolato (2007), o pH é a variável mais importante do solo, pois afeta uma gama de reações químicas que ocorrem no seu meio. Segundo o mesmo autor, o pH ácido favorece a solubilização de íons como o ferro, alumínio e manganês que são tóxicos às plantas, porém o pH alcalino favorece sua precipitação. Portanto, um pH próximo a neutralidade é o ideal.

Todo o cálculo de aplicação do biossólido deve ser feito a partir das quantidades de nitrogênio contidas no biossólido e da quantidade requerida desse elemento pela cultura a ser implantada, segundo a Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006). Portanto, a avaliação físico-química, tanto do biossólido quanto do solo, e dos efeitos de aplicações sucessivas são de suma importância para a manutenção de um solo produtivo para o estabelecimento de culturas que venham a agregar valor econômico ao produtor rural. Assim, o biossólido estudado se mostrou apto para a aplicação no solo como fertilizante, podendo até mesmo substituir o fertilizante químico comercial, incrementando nutrientes para o desenvolvimento da cultura a ser implantada, sem potencial de contaminação.

5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados obtidos durante o desenvolvimento do estudo, observou-se que durante os 4 anos de acompanhamento laboratorial do biossólido gerado por indústria têxtil localizada no Distrito Industrial de João Pessoa/PB, este não foi classificado como resíduo perigoso em nenhuma das 4 análises, sugerindo sua aptidão para o seu aproveitamento em alguma vertente. Além disso, a partir da sua caracterização, puderam-se notar características fertilizantes em sua composição, denotando o seu possível aproveitamento como fertilizante para o cultivo agrícola, podendo ocasionar incrementos de nutrientes benéficos às culturas vegetais sem causar passivo ambiental.

Assim, com a aplicação do biossólido na agricultura, consegue-se aproveitar um resíduo que normalmente era desperdiçado nos aterros, sobrecarregando menos os mesmos, além de proporcionar uma economia com insumos agrícolas para o agricultor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Projetos 305419/2015-3 e 401687/2016-3) e da PB Ambiental Gestão de Resíduos.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. 2004. 77 p. Disponível em: < <http://www.videverde.com.br/docs/NBR-n-10004-2004.pdf> > Acesso em: 22 de jan. 2016.
- ANDRADE, C. A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de Eucalyptus grandis após aplicação de biossólido da ETE de Barueri**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São paulo, 1999.
- ASIA, I. O; OLADOJA, N. A; BAMUZA-PEMU, E. E. Treatment of textile sludge using anaerobic technology. *American Journal of Biotechnology*, v. 5, p. 1678-1683, set. 2006.
- ANDREOLI, C. V.; TAMANIN, C. R.; HOLSBACH, B.; PEGORINI, E. S.; NEVES, P. S. **Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: Biossólidos - Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Editora ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), Rio de Janeiro, 2006.
- BARBOSA, G. M. C; FILHO, J. T. **Uso agrícola do lodo de esgoto: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas**. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 27, n. 4, p. 565-580, 2006.
- BETTIOL, W.; FERNANDES, S.A.P. **Efeito do lodo de esgoto na comunidade microbiana e atributos químicos do solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. São Paulo, 2004.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodos de Esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 11p., 2006.
- BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 12 jan. 2016.
- BRASIL. **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf >. Acesso em: 02 jan. 2016.
- CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; MORAES, A.A.; RUMJANECK, V.M.; OLIVARES, F.L. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos de origem urbana: Métodos espectroscópicos (UV-VIS, IV, RMN) e microscopia eletrônica de varredura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Ed. 24, p. 741-750, 2000.
- CAVALLARO, N.; PADILLA, N.; VILLARRUBIA, J. Sewage sludge effects on chemical properties of acid soils. *Soil Sci*. Ed. 156, p. 63-70, 1993.
- CEOLATO, L.C. **Lodo de Esgoto Líquido na Disponibilidade de Nutrientes e Alterações dos Atributos Químicos de um Argissolo**. 2007, 52p. Dissertação de Mestrado. Instituto Agronômico de Pós-Graduação, Campinas, 2007.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma P. 4.230: Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação**. São Paulo, Ago./1999.
- FERNANDES, S.A.P.; SILVA, S.M.C.P. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos**. Londrina: Prosab, FINEP, 84p., 1999.

- FERNANDES, F.; LOPES, D.D.; ANDREOLI, C.V.; SILVA, S.M.C.P. **Avaliação de alternativas e gerenciamento do lodo na ETE**. Ed. 1, cap. 7, p. 299-317, 2001.
- FERNÁNDEZ, A.; TEJEDOR, C.; CABRERA, F.; CHORDI, A.. Assessment of toxicity of river water and effluents by the bioluminescence assay using *Photobacterium phosphoreum*. *Water Research*, v. 29, n. 5, p. 1281-1286, 1995.
- FROSTA, A.L.; KETCHUM JUNIOR, L.H. Trace metal concentration in durum wheat from application of sewage sludge and commercial fertilizer. *Advances in Environmental Research*, Ed. 4, p. 347-355, 2000.
- GALDOS, M.V.; DE MARIA, I.C.; CAMARGO, O.A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutorférrico tratado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Ed. 28, p. 569-577, 2004.
- GODOY, L.C. A Logística na Destinação do Lodo de Esgoto. *Revista Científica On-Line Tecnologia -Gestão - Humanismo*, v. 2, n. 1, Nov/2013.
- HASSEMER, M.E.N.; SENS, M.L. Tratamento do efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. *Engenharia sanitária e ambiental*, vol. 7, n. 1, jan./mar. 2002 e n. 2, abr./jun. 2002.
- ILHENFELD, R.G.K.; PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V. **Fatores Limitantes. IN: Uso e Manejo do Lodo na Agricultura**. Companhia de Saneamento do Paraná, Cap. 5, p. 41 -55, 1999.
- KNUTH, K. R. **Gestão Ambiental: Um estudo de caso para o setor têxtil – S.C.** 2017. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- KUNZ, A.; ZAMORA, P.P. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. *Quim. Nova*, vol. 25, n 1, p. 78-82, 2002.
- LAMBOLEZ, L., VASSEUR, P., FERARD, J. F., GISBERT, T. (1994). The environmental risks of industrial waste disposal: an experimental approach including acute and chronic toxicity studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 28, p. 317-328.
- LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- LUDUVICE, M. **Experiência da companhia de saneamento do distrito federal na reciclagem agrícola de biossólido**. In: BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. (Eds) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.153-162.
- MARTINS, G. B. H. **Práticas Limpas Aplicadas às Indústrias Têxteis de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p. 109-141, 2000.
- MESQUITA, G.R.A.; VON RANDOW, J.R.; OLIVEIRA, R.L.; GONÇALVES, M.V.V.A. Viabilidade do Lodo de Esgoto na Agricultura. *Perspectivas Online: Exatas e Engenharia*, Ed. 17, n. 7, p. 80-87, 2017.

- MUCHOVEJ, R.M.; OBREZA, T.A. **Biosolids: Are these residuals all the same? SS-AGR-167**. Series of the Agronomy Department. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 3p., 2004.
- NEVES, T.I. **Aproveitamento Energético do Biossólido Gerado por Indústria Têxtil como Fertilizante para Produção de Capim-Elefante – *Cenchrus purpureus* (Schumach) Morrone**. 2017. 114p. Dissertação de Mestrado. Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- OLIVEIRA, F. C.; MATIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. *R. Bras. Ci. Solo*, Ed. 26, p. 505-519, 2002.
- PEDROZA, M.M.; VIEIRA, G.E.G.; SOUSA J.F; PICKLER A.C.; LEAL, E.R.M.; MILHOMEN, C.C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato*, Novo Hamburgo, v. 11, n. 16, p. 89-188, jul./dez. 2010.
- ROSA, A.P.; CHERNICHARO, C.A.L.; MELO, G.C.B. Contribuição para o aproveitamento energético do lodo de ETEs em processos térmicos. *Revista DAE*, v. 63, p. 55-62, 2015.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. **Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília**. In: _____. Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.
- SILVEIRA, L.R.; ARAÚJO, R.N. Reaproveitamento de Resíduos de ETA e ETE em Obras de Engenharia. *Revista Técnica e Tecnológica Ciênica, Tecnologia e Sociedade*, v. 1, n. 2, 2017.
- TOLEDO, R. A. S., Tecnologia da Reciclagem. *Química Têxtil*, p. 8-14, 2004.
- TRABALLI, R.C.; MAKIYA, I.K. **Energia a partir de lodo de esgoto e resíduos sólidos**. IN: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A engenharia de produção e o desenvolvimento sustentável: integrando tecnologia e gestão. Salvador, Out/2009.
- TSUTIYA, M. T. **Tecnologia emergentes para a disposição final de biossólidos das estações de tratamento de esgotos**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p.762-770, 1999.
- VON SPERLING, M.; FREIRE V. H.; CHERNICHARO, C. A. L. Performance evaluation of a UASB-activated sludge system treating municipal wastewater. *Water Science e Technology*, v. 43, p. 323-328, 2001.
- WEBBER, M. D. Diretrizes para aplicação de lodo no solo. In: CURSO DE AVALIAÇÃO DE RISCO NO GERENCIAMENTO DO LODO DE ESGOTO, São Paulo, 1998. Convênio CANADÁ/SABESP/CETESB.

5.6 USO DO RESÍDUO BIOESTABILIZADO DE COMPOSTAGEM PARA DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Copaifera Pubiflora Benth*

MARQUES, Carolina Soares
Universidade Federal de Roraima
carolinasoaresmarques@hotmail.com

GUIMARÃES, Pedro Vitor Pereira
Universidade Estadual de Roraima
pedrovp@hotmai.com

SMIDERLE, Oscar José
Embrapa Roraima
oscar.smiderle@embrapa.br

SOUSA, Rita de Cássia Pompeu de
Embrapa Roraima
rita.sousa@embrapa.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar a emergência e o desenvolvimento inicial de *Copaifera pubiflora* Benth. em função do tamanho de sementes e doses de resíduo bioestabilizado de compostagem escolar. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido na Embrapa Roraima. As sementes de copaíba foram coletadas em área de mata ciliar e classificadas quanto o tamanho. Para formulação dos tratamentos, utilizaram-se diferentes doses de resíduo bioestabilizado oriundo de compostagem escolar e areia esterilizada. As variáveis avaliadas foram porcentagem de emergência de plântulas, altura da parte aérea, diâmetro do coleto e matéria seca de plântulas. Houve diferença na qualidade de mudas de copaíba em função do tamanho de sementes e doses de resíduo escolar bioestabilizado. As plantas oriundas de sementes grandes apresentam melhor qualidade nas variáveis mensuradas. A combinação do substrato formulado na dose de 20% de resíduo escolar + 80% areia esterilizada é indicado para sustentação de copaíba até 40 dias após semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: Espécie Florestal Nativa, Substrato Orgânico, Biometria de Sementes.

1. INTRODUÇÃO

As copaibeiras são encontradas em todos os trópicos, sendo o Brasil, país com maior incidência, onde 16 espécies têm ampla distribuição. As plantas atingem cerca de 40 metros de altura, 140 centímetros de diâmetro ou rodo de até 3 metros (SHANLEY, 1996; MARTINS-SILVA; PEREIRA; LIMA, 2008). A partir de perfurações feitas no tronco das espécies do gênero *Copaifera* L. (Caesalpiniaceae), é obtido o óleo-resina utilizado como cicatrizante e anti-inflamatório há vários séculos por populações tradicionais e silvícolas da Amazônia (COSTA et al., 2007; PIERI; MUSSI; MOREIRA, 2009).

Segundo Costa et al. (2007) a *C. pubiflora* Benth tem ocorrência restrita à Venezuela, Guiana e no Brasil, exclusivamente no estado Roraima, sendo encontrada em diferentes ecossistemas, de floresta ombrófila aberta às savanas, sempre associada à calha dos rios. Em Roraima, a *C. pubiflora* Benth é a principal espécie produtora de óleo resina (SHANLEY, 1996).

Entretanto, o uso intenso de espécies nativas no setor madeireiro e a degradação de ecossistemas ocasionam o desaparecimento de muitas espécies com potencial paisagístico, madeireiro ou de preservação (VARELA et al., 2005). Diante disto, são necessários estudos sobre uma maior eficiência e qualidade na propagação de espécies nativas para conservação de áreas naturais.

Dentre as inúmeras espécies com potencial na região Amazônica, as copaibeiras (*Copaifera* spp.) destacam-se por se serem nativas, podendo ser inseridas em programas de recomposição de mata ciliar, recuperação de área degradadas, bem como de consórcios em sistemas agroflorestais. No entanto, para obtenção de mudas com qualidade é necessário que emergência de plântula e desenvolvimento inicial da planta, aconteça de forma eficiente e eficaz.

De acordo com Ros et al. (2015) uma das dificuldades enfrentadas na produção de mudas é o crescimento lento apresentado por muitas espécies florestais. Em face disso, torna-se importante a definição de estratégias que favoreçam a sua produção com qualidade e em menor tempo.

Para Dutra et al. (2012) o conhecimento adquirido sobre a propagação vegetativa de algumas espécies florestais, tais como, eucalipto, pinus, seringueira e o cacauero precisa, contudo, ser avaliado em outras espécies arbóreas que possuem elevado potencial comercial, entretanto, a propagação de espécies arbóreas não domesticadas pode apresentar peculiaridades que dificultam a adoção deste conhecimento e, por isto, necessitam ser avaliados para cada espécie de interesse.

A obtenção de um substrato eficiente para formação e produção de mudas florestais, deve apresentar certas características desejáveis, tais como: disponibilidade de aquisição na região, facilidade no transporte, baixo custo, ausência de patógenos, riqueza de nutrientes e condições adequadas a crescimento e desenvolvimento da planta (SILVA et al., 2001). A partir do processo de compostagem se obtém substrato de baixo custo que fornece à planta sustentação, macro e micro nutrientes, aumento na capacidade de troca de cátions e uniformidade de estabelecimento de plântulas (KIEHL, 2012).

O reaproveitamento de resíduos é benéfico, uma vez que, evita os efeitos negativos, que os mesmos trazem quando são descartados de forma inadequada no meio ambiente. Quando são destinados de forma ambientalmente correta, a exemplo da compostagem, (BRASIL, 2010)

contribuem para o desenvolvimento sustentável, pois, representam economia de recursos, aproveitamento de resíduos, e consequentes ganhos ambientais (DUTRA et al., 2013).

Em projeto realizado por Martins et al. (2001) a partir dos resíduos de merenda escolar pode-se obter um resíduo estabilizado/composto de qualidade, indicado para ser usado em horta escolar e outras culturas agrícolas, reduzindo significativamente, a quantidade de resíduos orgânicos desperdiçados na escola. Santos et al. (2014) afirmam que hortaliças cultivadas com substrato produzido em compostagem escolar apresentam alto padrão de qualidade.

Acredita-se que além da utilização do produto final da compostagem escolar nos vegetais cultivados nas próprias escolas, o material também possa ser utilizado no estabelecimento de mudas florestais, podendo, no futuro serem utilizadas em programas de educação ambiental e recomposição de áreas degradadas, de preservação ambiental e mata ciliares.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a emergência e desenvolvimento inicial de *Copaifera pubiflora* Benth. em função do tamanho de sementes e doses de resíduo bioestabilizado de compostagem escolar em ambiente protegido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Estudos sobre o crescimento de espécies florestais nativas, ainda são pouco praticados, podendo ser considerado um dos fatores limitantes ao aumento das áreas reflorestadas para as atividades ambiental e comercial (SACRAMENTO et al., 2012). Vieira; Weber (2015) afirmaram que a copaíba é uma espécie pouco produzida nos viveiros florestais, devido à falta de conhecimento sobre o processo de produção em larga escala, dificuldades na germinação e crescimento lento e desuniforme.

Os trabalhos realizados sobre o gênero *Copaifera* L. estão, em sua maioria, relacionados com o óleo que é exsudado do tronco destas árvores e facilmente encontrado na região tropical da América Latina (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2001). Porém, trabalhos com estudos ecológicos de *C. pubiflora* Benth são escassos no Brasil, sendo necessária a realização de pesquisas que mostre sobre os fatores que influenciam a produção de mudas dessa espécie, bem como tamanho de sementes e composição de substrato, os quais refletem a qualidade da planta.

De acordo com Santos et al. (2000) na busca constante de melhor produtividade dos reflorestamentos, a qualidade da muda tem sido abordada em vários trabalhos de pesquisa, adequando-os à produção de mudas de qualidade desejável. Os resultados obtidos para o crescimento de copaíbas em diferentes substratos apontou que espécie apresentou grande capacidade adaptativa aos diferentes tipos de substratos avaliados (DUTRA et al., 2012).

Os resultados de pesquisa realizada por Smiderle, Oliveira e Guimarães (2015), utilizando substratos com diferentes doses de areia e casca de arroz carbonizada, apontaram a areia como maior índice de velocidade de emergência e o tamanho da semente não influenciou. Dutra et al. (2015) produziram mudas de *Copaifera langsolosffii* Desf. com boa qualidade utilizando casca de arroz carbonizada e vermiculita. Portanto, se faz necessário novos estudos para incorporar alternativas de substratos para produção de mudas de espécies florestais.

3. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido entre os meses de janeiro e março de 2017, na sede da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Roraima), situada na BR-174, Km 08, em Boa Vista-RR, coordenadas geográficas 02°45'28"N e 60°43'54"W, 90 m de altitude. As sementes de copaíba foram coletadas do chão, abaixo da copa de sete matrizes em área de mata ciliar, coordenadas geográficas 2°52'17"N e 60°40'17"W. As sementes foram encaminhadas ao Laboratório de Sementes da Embrapa Roraima, onde se classificou visualmente em pequenas e grandes. Realizou-se caracterização biométrica avaliando comprimento, diâmetro e massa da semente. Para determinação da biometria utilizaram-se paquímetro digital e balança de precisão (0,000 g).

O resíduo bioestabilizado utilizado para a realização do experimento foi oriundo de compostagem escolar, realizada na Escola Municipal Menino de Jesus de Boa Vista-RR. As composteiras foram montadas para fins didáticos, no intuito de reduzir a destinação incorreta de resíduos orgânicos, tais como, restos de alimentos da cantina e podas do jardim, conscientizando e sensibilizando crianças do ensino básico (MARQUES et al., 2017).

Foram realizadas em triplicata, análises físico-químicas para avaliar as características do resíduo, determinando-se: umidade a 65 °C (U65), capacidade de retenção de água (CRA), matéria orgânica total (MOT), condutividade elétrica (CE), totais de sais dissolvidos (TSD) e potencial hidrogeniônico (pH). Utilizaram-se metodologias para resíduos orgânicos urbanos propostas por Kiehl (1985; 2012), com pequenas adaptações.

A areia foi adquirida no comércio local e uniformizada granulometricamente a 0,8 mm com auxílio de uma peneira. Posteriormente, foi lavada com água e esterilizada, a fim de eliminar microrganismos presentes. A esterilização foi realizada durante 2 horas, em estufa de circulação de ar graduada na faixa 200±10 °C, seguindo recomendações das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

Para acomodação dos substratos, utilizaram-se três bandejas de plástico com 54 tubetes cada. Cada tubete com volume de 300 cm³, furo e quatro estrias verticais. Realizou-se a limpeza e higienização dos recipientes com detergente neutro, e submersão em solução a 2% de hipoclorito de sódio. Logo em seguida, foram lavados em água corrente e deixados para secar sob sol direto. Para formulação dos tratamentos, utilizaram-se diferentes doses de resíduo orgânico bioestabilizado. As composições dos tratamentos são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Identificação e descrição das doses de resíduos escolar (RE) e areia esterilizada (AE) utilizados no experimento

Doses/Identificação	Composição
D1	0% RE + 100% AE
D2	20% RE + 80% AE
D3	40% RE + 60% AE
D4	60% RE + 40% AE
D5	80% RE + 20% AE
D6	100% RE + 0% AE

Fonte: Autores, 2017.

O ambiente protegido utilizado foi um galpão de alvenaria com telado metálico, que reduz a insolação e a entrada de animais. Foi semeada uma semente por tubete (04/02/2017), a 1 cm de profundidade. As variáveis avaliadas 40 dias após semeadura foram porcentagem de emergência (E%), altura da parte aérea (AP), diâmetro do coleto (DC) e matéria seca total (MST).

A porcentagem de emergência (E%) foi avaliada segundo as Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009), tendo a primeira contagem aos 9 dias e a última aos 33 dias. AP foi mensurada com régua milimetrada, medido do nível do substrato até o ápice da plântula. DC foi mensurado utilizando paquímetro digital, medindo a 0,5 cm da superfície do substrato. A MST foi determinada com auxílio de balança de precisão (0,001 g) e estufa de ar quente, graduada na faixa de 65 ± 5 °C, realizando a pesagem após peso constante da amostra.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 6 x 2, com nove repetições. Os tratamentos constaram da interação de seis doses de resíduo escolar bioestabilizado e com dois tamanhos de sementes de copaíba. Os dados foram validados estatisticamente por meio de análise de variância, regressão e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa computacional SISVAR® (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS

O resíduo estudado não atendeu ao exigido pela norma (BRASIL, 2009) e padrão teórico vigente (KIEHL, 2012) nas variáveis de CRA e MOT, fazendo com que seja considerada uma terra vegetal. Porém, apresenta U65, CE, TSD e pH desejáveis para fertilizantes orgânicos, estes três últimos, demonstrando que possivelmente seu uso não ocasionará problemas com salinidade e alcalinidade na maioria das culturas agrícolas AYERS; WESTCOST, 1985). A caracterização físico-química simplificada do resíduo escolar bioestabilizado está apresentada na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização físico-química de resíduo orgânico bioestabilizado produzido a partir de compostagem de escola de Boa Vista-RR

Substrato	U65 (%)	CRA (%)	MOT (%)	CE (dS m-1)	TSD (mg L-1)	pH
ROEB	23,0±0,57	40,4±0,50	33,2±0,58	0,83±0,01	591,6±9,86	6,9±0,05
IN/PT	< 50,0	> 80,0	> 40,0	< 4,0	< 2.560,0	> 6,0

U65 = umidade a 65 °C; CRA = capacidade de retenção de água; MOT = matéria orgânica total; CE = condutividade elétrica; TSD = totais de sais dissolvidos; pH = potencial hidrogeniônico. Fonte: Autores, 2017.

O tamanho das sementes coletadas no Rio Branco (bairro Caçari) são maiores do que as sementes de *C. pubiflora* coletadas na região do Rio Uraricoera e avaliadas por Smiderle et al. (2015), com média de comprimento, diâmetro e massa de sementes de 10,72 mm, 7,02 mm e 0,41 g para sementes pequenas, e 12,11 mm, 8,43 mm, 0,64 g para sementes grandes, respectivamente.

A caracterização biométrica de sementes de *Copaifera pubiflora* Benth., coletadas em área natural de Boa Vista-RR está apresentada na tabela 3.

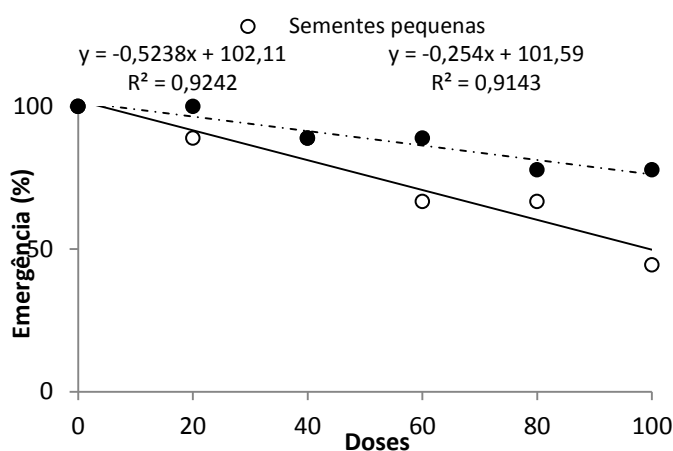
Tabela 3. Biometria de sementes de *Copaifera pubiflora* Benth. coletadas em área natural de Boa Vista-RR

Estatística descritiva	Comprimento (mm)		Diâmetro (mm)		Massa (g)	
	Pequenas	Grandes	Pequenas	Grandes	Pequenas	Grandes
Média	11,43	14,04	7,92	8,68	0,49	0,72
Desvio padrão	0,5135	0,6582	0,5525	0,4846	0,0531	0,0783
Máximo	12,25	15,96	9,97	9,88	0,63	0,95
Mínimo	9,98	12,60	6,76	7,18	0,39	0,60

Fonte: Autores, 2017.

Houve efeito negativo do resíduo escolar na emergência de *C. pubiflora*, apresentando ajuste linear. As estimativas de emergência de plântulas de *Copaifera pubiflora* Benth. cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1. Estimativas de emergência de copaíbas cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes 40 dias após semeadura.



A emergência de plântulas de copaíbas aqui registradas foram superiores as encontradas por Smiderle; Oliveira; Guimarães (2015) e Smiderle et al. (2015) utilizando areia lavada, com emergências de plântulas de até 92% e 81%, respectivamente. Pereira et al. (2007) registraram emergência de *Copaifera langsdorffii* Desf. entre 66 e 96%.

O melhor ajuste estatístico para AP, DC e MST foi o polinomial. As estimativas da altura de planta e do diâmetro do coleto de *Copaifera pubiflora* Benth. cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes estão apresentadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

AP e DC aqui registrados assemelham-se com os resultados de Vieira; Weber (2015) que testaram doses de Basaplant® e Cambissolo húmico de textura franco-arenosa no cultivo de *Copaifera langsdorffii* Desf. e registraram plantas com 120 dias de idade com AP entre 13,5 e 17,7 cm e DC entre 2,0 a 2,9 mm. Já Augusto et al. (2003) reportaram valores de AP entre 11,6 e 14,5 cm, DC entre 3,7 e 3,8 mm, utilizando fertirrigações convencionais e de água residuária na mesma espécie (*C. langsdorffii*).

Figura 2. Estimativas de altura de planta de copaíbas cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes.

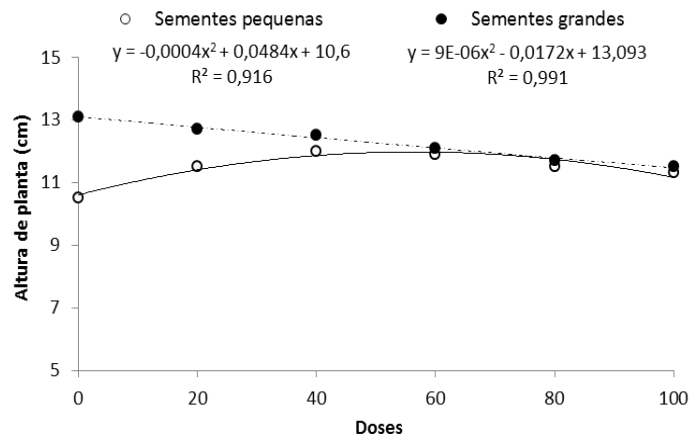
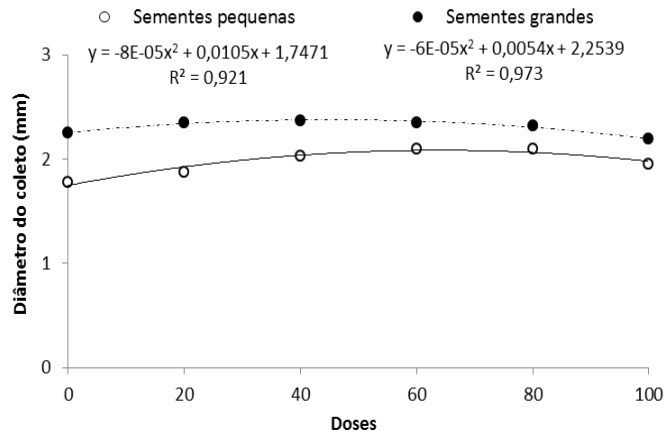
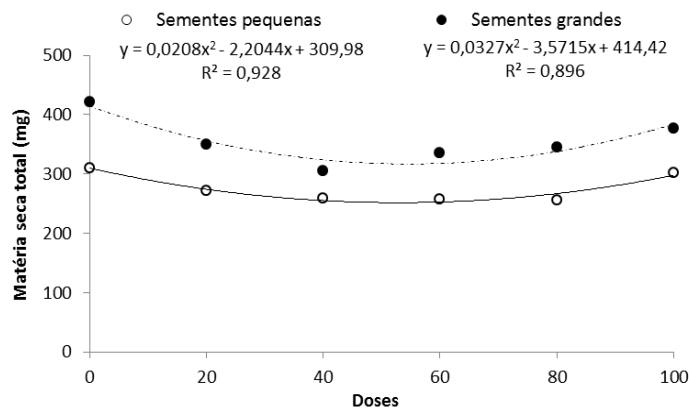


Figura 3. Estimativas de diâmetro do coleto copaíbas cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes.



Plântulas oriundas a partir de sementes grandes apresentaram matéria seca total maior. As estimativas de matéria seca total de *Copaifera pubiflora* Benth. cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4. Estimativas de matéria seca total de copaíbas cultivadas em função de doses de resíduo escolar bioestabilizado e do tamanho de sementes.



Todos os tratamentos avaliados apresentaram valores de MST muito baixos quando comparados aos resultados de Augusto et al. (2003), Vieira; Weber (2015) e Dutra et al. (2015) com MST entre 830 e 990, entre 860 e 1.860 mg, e entre 1.704 e 1.907 mg por planta de *Copaifera langsdorffii* Desf., respectivamente, sendo que estes foram mensurados 120 dias após semeadura, ou mais.

5. CONCLUSÕES

Houve diferença na qualidade de mudas de *Copaifera pubiflora* Benth. em função do tamanho de sementes e doses de resíduo escolar bioestabilizado. As plantas oriundas de sementes grandes apresentam melhor qualidade nas variáveis mensuradas. O resíduo bioestabilizado influenciou negativamente a emergência e desenvolvimento inicial de copaíba. A combinação do substrato formulado na dose de 20% de resíduo escolar + 80% areia esterilizada é indicado para sustentação de copaíba até 40 dias após semeadura.

REFERÊNCIAS

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSEAU, G. X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p.335-342, 2003.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO, 1985. 174p.

BARROS, N. F. **Nutrição e adubação de eucalipto**. Belo Horizonte: EPAMIG. Informe Agropecuário, 186 p., 2002.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA N° 25, de 23 de julho de 2009**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília, DF: [s.n], 2010. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: abril de 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 399 p., 2009.

COSTA, P.; TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; TURCATEL, R. & SCHWENGBER, L. A. M.. Estrutura de uma população de *Copaifera pubiflora* Benth. em área de floresta de transição em Roraima. **Anais.. do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu-MG, 2007.

DA ROS, C. O; REX, F. E; RIBEIRO, I. R; KAFER, P. S; RODRIGUES, A. C; SILVA, R. F da; & SOMAVILLA, L. Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Revista Floresta e Ambiente**, v.22, n.4, p.549-558, 2015.

DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, F. Q.; OLIVEIRA, J. C. de. Substratos alternativos e métodos

- de quebra de dormência para a produção de mudas de canafístula. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 72-78, 2013.
- DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Qualidade de mudas de copaíba produzidas em diferentes substratos e níveis de sombreamento. **Revista Floresta**, v. 45, n. 3, p. 635-644, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985, 492p.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 6ª ed, Piracicaba, 171p, 2012.
- MARQUES, C. S.; PEREIRA, M. J. C.; GUIMARÃES, P. V. P.; ARAÚJO, S. L. F. de. **Experiência de educação ambiental em escola pública de Boa Vista-RR: conhecendo e aproveitando resíduos escolares**. In: AGUIAR, W. J. de; EL-DEIR, S. G; BEZERRA, R. P. L. (orgs.). Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental. p. 64-73, 2. ed. -- Recife : EDUFRPE, 2017.
- MARTINS, C. T.; SIMÕES, F.; SILVA, G. G.; CALLEGARI, L. A.; ZUMAKN, M. Reaproveitamento de matéria orgânica oriunda da merenda Escolar por meio da compostagem. **Anais.. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**, Universidade do Vale do Paraíba, 2001.
- MARTINS-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; LIMA, G. C. de. O gênero *Copaifera* (Leguminosae – Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. **Revista Rodriguésia**, v. 59, n. 3, p. 455-476, 2008.
- PEREIRA, R. dos S.; RANAL, M.; DORNELES, M. C.; SANTANA, D. G. de; BORGES, K. C. de F.; CARVALHO, M. P. Emergência de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 1005-1007, 2007.
- PIERI, F. A.; MUSSI, M. C.; MOREIRA, M. A. S. Óleo de copaíba (*Copaifera* sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 4, p. 465-472, 2009.
- ROS, C. O. da; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F. da; SOMAVILLA, L. Uso de substrato compostado na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 549-558, 2015.
- SACRAMENTO, A. S. et al. Potencialidades de espécies lenhosas nativas para produção madeireira, cultivadas em solos degradados. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 8, n. 4, p. 1-4, abr. 2012
- SANTOS, C. B. dos; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, v. 10, p.1-15, 2000.
- SANTOS, A. M. de L. dos; MARTINS, R. M. de L.; SOUZA, R. D. de; MOTA, R. M. F.; FERNANDES, C. T. Incentivo ao uso da compostagem de resíduos sólidos em uma horta escolar do município de Jaciara-MT. **UNOPAR Científica: Ciências Humanas e Educação**, v. 15, p. 321-329, 2014.
- SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 377-381. 2001.
- SHANLEY, P.; LEITE, A.; ALECHANDRE, A.; AZEVEDO, C. 2005. COPAÍBA. IN SHANLEY, P. &

MEDINA, G. (EDS.). **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. CIFOR/ Imazon, Belém, 300p.

SMIDERLE, O. J; OLIVEIRA, J. M. F de; GUIMARÃES, P. V. P. Emergência de plântulas de *Copaifera pubiflora* Benth. em diferentes substratos. **Anais..** de X Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no Estado de Roraima, p. 88, 2015

SMIDERLE, O. J; OLIVEIRA, J. M. F de; SILVA, T. T. de J; SOUZA, A. G. Emergência de plântulas de *Copaifera pubiflora* Benth. em relação ao tamanho e forma das sementes. **Anais..** da X Semana Nacional de Ciência e Tecnologia no Estado de Roraima, p. 89, 2015.

VARELA, V. P.; COSTA, S. S.; RAMOS, M. B. P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinioideae. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 35-39, 2005.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Revista Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

VIEIRA, R. F.; SILVA, S.R. **Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas**: resultados da 1ª reunião técnica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), p.146-150, 2002.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. dos S. Influência do substrato na produção de mudas de espécies medicinais. **Revista Nativa**, v. 3, n. 2, p. 135-142, 2015.

5.7 COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DE UMA LEIRA DE COMPOSTAGEM, DURANTE A FASE ATIVA

LIMA, Thaís Cordeiro Queiroz de Oliveira
Universidade Federal da Paraíba(UFPB)
luanny_dantas@hotmail.com

NÓBREGA, Claudia Coutinho
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
claudiacnobrega@hotmail.com

BRITO, Luanny Dantas de
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
luanny_dantas@hotmail.com

RESUMO

Os resíduos sólidos orgânicos são aqueles compostos de materiais de origem vegetal e animal, que sofrem decomposição, causando odores e liberação de gases, prejudicando o meio ambiente. Portanto uma das soluções é a compostagem, que busca transformar o resíduo orgânico em composto. Este trabalho teve como objetivo principal, estudar o processo de decomposição de resíduos sólidos orgânicos oriundos da Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA), durante a fase ativa, em uma pequena leira de compostagem, analisando seus parâmetros e comportamento, utilizando o revolvimento manual. Os parâmetros analisados foram: teor de umidade e temperatura. Os resultados obtidos mostraram-se parcialmente satisfatórios, nos quais os teores de umidade foram considerados baixos, provavelmente, devido à dimensão e pouca irrigação da leira. As temperaturas não atingiram a fase termófila, sendo a mais alta de aproximadamente 33°C. Portanto o presente trabalho cumpriu com seus objetivos, mostrando que o processo de compostagem é eficiente, podendo gerar composto orgânico de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem, Resíduos Orgânicos, Leira.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das cidades trouxe uma grande valorização do setor industrial, permitindo que a maioria da população mundial se concentrasse no meio urbano, aumentando ainda mais o consumo e, conseqüentemente, a geração de resíduos sólidos, contribuindo para o aumento da degradação ambiental. O conceito de resíduo sólido é apresentado de forma clara na Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305/2010), como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Os resíduos compostos de materiais de origem animal ou vegetal, que em sua composição possuem componentes biológicos, são denominados resíduos sólidos orgânicos. Este tipo de resíduo passa por um processo de decomposição, cujo causa odores e liberação de gases, que contribuem negativamente para o meio ambiente. Além da poluição, estes resíduos quando dispostos de forma incorreta facilitam o desenvolvimento de microorganismos, responsáveis pela transmissão de várias doenças, como diarreias, dengue, leptospirose, entre outras.

De forma geral, gerenciar os resíduos sólidos é incluir várias etapas: administrativas, financeiras, de planejamento, funções legais e de engenharia, que estejam envolvidas na solução dos problemas relativos aos resíduos sólidos. As soluções podem envolver relações interdisciplinares entre diversas áreas como o planejamento urbano, saúde pública, conservação ambiental, dentre diversas outras. Atualmente, considera-se a gestão de resíduos sólidos urbanos algo complexo, pois há uma grande quantidade e diversidade de tipos de resíduos (BRAGA e DIAS, 2008).

Percebe-se que nas feiras livres e mercados, por exemplo, uma grande quantidade de resíduo sólido orgânico (RSO) é gerada, porém este material nem sempre é descartado de forma correta. Na maioria das vezes, eles são destinados a aterros sanitários, juntamente com os demais resíduos domiciliares (RDO). Para que esta matéria orgânica seja utilizada, ao invés de ser descartada, um dos tratamentos indicados e pela PNRS é a compostagem.

A compostagem é uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica, transformando o resíduo orgânico em composto ou fertilizante orgânico. O composto é, portanto, o resultado de um processo controlado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos, transformados em um produto mais estável e utilizado como fertilizante (KIEHL, 1985).

Contrariando as expectativas, a quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) descartados pela população continua a aumentar no Brasil, tanto em termos absolutos, quanto individualmente, apesar do impacto da crise econômica sobre o consumo (Abrelpe, 2016). Uma grande parcela destes resíduos, como citado anteriormente, é destinada a locais incorretos, sendo na maioria das vezes depositados em lixões. Os resíduos sólidos também podem ser destinados aos aterros sanitários, porém é necessário que haja uma boa gestão de resíduos no local para que o descarte aconteça de forma apropriada para o meio ambiente, caso isso não ocorra, o meio, provavelmente, sofrerá diversos impactos ambientais.

Dentre estes impactos pode-se observar: contaminação do solo e lençol freático, assoreamento de rios devido à disposição de resíduos nas suas margens, proliferação de doenças infecciosas transmitidas por vetores que se reproduzem nos locais de acúmulo inadequado desses resíduos, poluição atmosférica causada por gases liberados pelos resíduos no momento da decomposição, dentre muitos outros.

O objetivo geral deste trabalho foi estudar o processo de decomposição da matéria orgânica, durante a fase ativa, em uma leira de pequena dimensão. Dividindo-se em tais objetivos específicos: Montar e operar a leira de compostagem com revolvimento manual contendo apenas resíduos orgânicos (frutas e verduras) gerados na feira da EMPASA; Analisar os parâmetros: teor de umidade e temperatura; Analisar o comportamento da leira durante a fase ativa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Dados do Banco Mundial (2014) apresentam números astronômicos na produção global de resíduos. Cerca de 1,3 bilhões de toneladas ano, com tendência crescente. Cada habitante do planeta é responsável aritmeticamente por 1,2kg/dia. A projeção para 2025 segundo (Galeffi, 2013), não é nada animadora, se não houver mudanças de paradigmas chegará, de acordo com organização, a 2,2 bilhões de toneladas ano.

A fração orgânica dos resíduos sólidos no Brasil é superior a 50%. Isto demonstra o enorme potencial de matéria orgânica apta a ser compostada (PEIXE e HACK, 2014). Observa-se os resíduos domiciliares com mais atenção, pode-se facilmente identificar um percentual muito diminuto de resíduos inservíveis (PEIXE e HACK, 2014).

Apesar de possuir um elevado percentual de matéria orgânica, na maioria dos casos, por este tipo de resíduo não ser coletado separadamente, acaba não sendo destinado a tratamento específico, no caso a compostagem. Das 94.335,1 t/dia de resíduos orgânicos coletados no Brasil, somente 1.509 t/dia (1,6%) são encaminhados para as usinas de compostagem (IPEA, 2012).

A compostagem se caracteriza pela transformação do material orgânico da forma instável para estável, de forma aeróbica, pelos microrganismos presentes na massa de resíduos (FOGARTY; TUOVINEN, 1991 apud ADAMS, 2009). Na natureza, essa estabilização ou humificação se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que se encontra (KIEHL, 1985).

O processo de compostagem é dividido em duas etapas distintas: a primeira é chamada fase ativa e é onde ocorrem as reações bioquímicas mais intensas; a segunda é a fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação e produção do composto final (PEREIRA NETO, 1987).

Na fase ativa os principais parâmetros (taxa de aeração, teor de umidade, temperatura, etc) provenientes da compostagem, são controlados, para a alta taxa de degradação da matéria orgânica. Através de pesquisas realizadas anteriormente, conclui-se que o tempo da duração desta fase irá depender do tipo de sistema e do material utilizado (PEREIRA NETO, 1987).

Após o término da fase ativa, o material é colocado para maturar. Ou seja, ocorrerá a humificação da matéria orgânica e também a estabilização do composto. Nesta fase ocorrerá a eliminação dos patogênicos remanescentes, resultando em um composto final de alta qualidade

(PEREIRA NETO, 1987). De acordo com Gutteridge(1952), o tempo de maturação é em torno de dois a quatro meses.

A reciclagem dos resíduos orgânicos ocorre através da ação dos microorganismos presentes nos mesmos, os quais são responsáveis pela decomposição ou até mesmo a estabilização biológica da matéria orgânica, transformando estes resíduos em composto orgânico que também pode ser chamado de fertilizante natural, pois auxilia no desenvolvimento das plantas de forma geral.

Os processos de compostagem podem ser classificados segundo alguns fatores que serão importantes como: disponibilidade de oxigênio, temperatura, umidade, relação carbono/nitrogênio (C/N), pH, tamanho da partícula e dimensões da leira.

Para que a decomposição ocorra, não necessariamente deverá existir a presença de oxigênio, pois este processo pode ocorrer de forma aeróbica ou anaeróbica. É mais comum e mais recomendado que a compostagem ocorra de forma aeróbica, cujos microrganismos se desenvolvem com a presença de oxigênio(BARREIRA *et al.*, 2006).

O consumo de oxigênio torna a decomposição mais rápida, sem odores e livre da proliferação de moscas, o que contribui de forma positiva na estética da leira e, conseqüentemente, na saúde pública. Este oxigênio consumido depende de diversos fatores, como a temperatura, umidade, tamanho das partículas, composição química da matéria prima e também da intensidade que ocorrem os revolvimentos (KIEHL, 1985).

A aeração poderá ocorrer através do revolvimento manual ou mecânico, este revolvimento manual permite que o material externo passe a fazer parte da parte interna. Quando se trata do método mecânico, o composto orgânico é remexido, permitindo a mistura de todo o material presente nas diversas camadas, isso possibilitará uma melhor homogeneização (KIEHL, 1985).

Alguns fatores podem ser considerados para saber o momento que deverá ser feito o revolvimento, como é o caso da temperatura que não poderá ultrapassar 70°C, a umidade não poderá ficar acima de 55% ou 60%, o intervalo de dias, ou até mesmo a presença de moscas e o mau cheiro, que indica a baixa quantidade de oxigênio (KIEHL, 1985). Diversos autores (SINGLEY *et al.*, 1980; FINSTEIN *et al.*, 1984; PEREIRA NETO, 1985; 1987a; NÓBREGA, 1991) definiram o teor ideal de umidade em torno dos 55%.

O processo biológico de degradação da matéria orgânica necessita da presença de água, visto que é fundamental para a fisiologia e sobrevivência dos organismos. Uma massa orgânica é considerada saturada quando possui altos teores de umidade (>65%), logo os espaços vazios entre as partículas desta massa são ocupados por água, diminuindo a quantidade de ar e permitindo que ocorra a anaerobiose. O contrário pode acontecer se houver uma baixa umidade (<40%), então estes espaços vazios são preenchidos por ar e causarão a redução da atividade microbiana. Portanto, conclui-se que quanto menor a granulometria das partículas dos resíduos, maior será a retenção de líquido (KIEHL, 1985). A variação de temperatura no processo de compostagem irá depender do estágio de decomposição da matéria orgânica, que é caracterizada pelas fases mesófilas e termófilas (PIRES, 2005).

A compostagem tem como característica a degradação da matéria orgânica, sendo considerado um processo exotérmico, gerando calor e possibilitando o aumento da temperatura na leira. Com o aquecimento da massa, há a multiplicação dos microrganismos. Cada grupo de organismos reage de

forma diferente a determinadas faixas de temperaturas, contribuindo para o seu desenvolvimento (LIMA, 1981 e PIRES, 2013). A faixa ideal de temperatura é entre 45 e 60°C, considerando 55°C uma temperatura ideal (HAUG, 1993 e KIEHL, 2004).

3. METODOLOGIA

3.1 Amostras

Para a montagem da leira de compostagem, foram coletados resíduos orgânicos provenientes da feira na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas - EMPASA, que está localizada no município de João Pessoa - PB, cujos resíduos são compostos por frutas, legumes, verduras e hortaliças.

No Quadro 1 estão listados os alimentos que foram coletados na EMPASA, para realizar a montagem da leira de compostagem.

Quadro 1. Alimentos coletados na EMPASA.

Tipo de Alimento	
Alface	Tomate
Couve	Laranja
Repolho	Jerimum
Acelga	Coentro
Melância	Abacaxi

Fonte: Lima, 2016

1.2 Procedimentos Experimentais

O experimento teve duração de 60 dias, ocorrendo o monitoramento da leira durante todo este período (fase ativa). As coletas foram realizadas nos dias 0, 15, 30 e 60, permitindo a realização da análise físico-química (teor de umidade). Em relação à análise física (temperatura), o monitoramento ocorreu durante toda a fase ativa (60 dias).

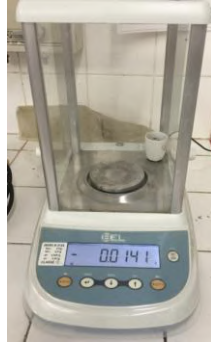
1.3 Análises

1.3.1 Teor de Umidade

Em relação ao teor de umidade, esta análise foi realizada baseando-se em Solyon (1977) e Nóbrega (1991), porém com pequenas adaptações. Inicialmente, a leira foi dividida em três regiões: topo, meio e fundo. Esta divisão permitiu que todas as partes da leira fossem analisadas e após esta divisão coletou-se, para fins de análise, aproximadamente 100g do material presente em cada região. Portanto, para analisar o teor de umidade foram retiradas aproximadamente três cápsulas de porcelana contendo $\pm 30g$ do material.

Em seguida, estas amostras foram colocadas na estufa de Secagem e Esterilização da marca SPLABOR e modelo SP-100 à 70°C com circulação forçada de ar durante um período de 24 horas. Ocorreram pesagens das cápsulas vazias e cheias (antes e após a estufa) e essas pesagens foram realizadas numa balança marca GEHAKA e modelo AG220A com precisão de 0,1 mg (Figura 1). O teor de umidade era obtido a partir da diferença de peso entre as cápsulas antes e depois da estufa.

Figura 1. Balança utilizada para obtenção dos resultados



Fonte: Lima, 2016

1.3.2 Temperatura

As análises e controle da temperatura da leira foram feitas através de um termômetro de mercúrio, utilizado em laboratório mostrado na Figura 2. O monitoramento ocorreu da seguinte forma: o instrumento era inserido diariamente, no centro da leira, durante toda a fase ativa.

Figura 2. Verificação da temperatura da leira de compostagem



Fonte: Lima, 2016.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse item, os resultados das análises obtidos neste trabalho foram comparados e discutidos com resultados obtidos com as diversas literaturas que foram consultadas. Os valores expostos nesse item foram obtidos a partir da média de cada região da leira (triplicata).

4.1 Teor de Umidade

A Figura 3 mostra a variação do teor de umidade da leira de compostagem. Segundo a literatura especializada (SINGLEY et al., 1980; FINSTEIN et al., 1984; PEREIRA NETO, 1985; 1987a; NÓBREGA, 1991), o valor ideal para o teor de umidade seria de 55%, porém a leira apresentou inicialmente, ainda no dia zero, uma umidade muito abaixo do ideal.

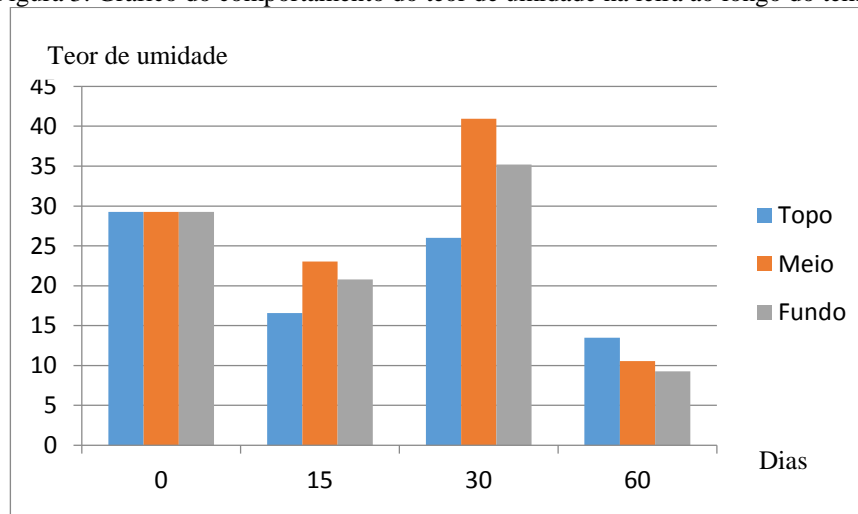
O valor médio inicial observado foi de 29,24%, sendo o valor mínimo de 27,10% (fundo) e máximo 32,59% (meio). Porém, segundo Nóbrega (1991), o valor médio do teor de umidade apresentado foi de 59%, estando dentro da faixa considerada ideal.

No trabalho apresentado por Souza (2015), uma das leiras era composta por 60% de resíduos do restaurante e 40% de poda e capina, observando-se no início do processo um teor médio de umidade de 60,29%. Quando ambos os resultados são comparados nota-se a grande diferença entre estes valores e pode-se observar que o teor de umidade inicial do presente trabalho foi muito baixo.

No 15º dia, o primeiro revolvimento foi realizado, permitindo que a umidade da leira fosse perdida para o ambiente, tanto de forma passiva quanto de forma ativa, o que ocasionou a perda do teor de umidade nesta fase do monitoramento. É importante citar que no primeiro reviramento não adicionou água, resultando em um valor médio de 16,56% na região do topo, 23,02% no meio e 20,79% no fundo. Estes valores, quando comparados com os obtidos no trabalho de Souza (2015), cujo teor médio de umidade resultou em 69,38% nestas mesmas condições de revolvimento, percebe-se que a umidade da leira do presente trabalho estava muito abaixo dos valores considerados ideais.

No segundo reviramento (30º dia), adicionou-se um pouco de água, de forma aleatória, antes da coleta do material. Com isso, notou-se um aumento significativo no teor de umidade, porém ainda não foi suficiente para atingir o valor considerado ideal. Estes valores médios foram de 26,01% no topo, 40,95% no meio e 35,20% no fundo. Quando comparados ao valor médio do teor de umidade do trabalho de Souza (2015), que foi de 69,71%, percebe-se que mesmo com a adição de água no momento do revolvimento, a umidade permaneceu baixa.

Figura 3. Gráfico do comportamento do teor de umidade na leira ao longo do tempo



Fonte: Lima, 2016

No fim da fase ativa, após o 60º dia, o reviramento foi feito com a adição de água antes da coleta do material e após a análise, notou-se que o material apresentou um teor de umidade muito baixo, sendo estes valores: 13,48% no topo, 10,54% no meio e 9,26% no fundo. Neste mesmo período do processo de compostagem, o trabalho apresentado por Souza (2015) apresentou um teor médio de umidade em torno de 51,65%, sendo possível notar a grande diferença entre os valores apresentados em ambos os trabalhos.

A diminuição da umidade, resultando em um baixo teor de umidade pode ter ocorrido, provavelmente, devido à natureza do material e sua granulometria. Outro fator seria a ausência de água na leira, visto que ao longo da fase ativa a mesma foi irrigada, porém foi insuficiente para aumentar a sua umidade ou devido à dimensão da leira, que era pequena.

4.2 Temperatura

O comportamento das temperaturas médias registradas em cada região da leira durante o período de compostagem está mostrado na Figura 4.

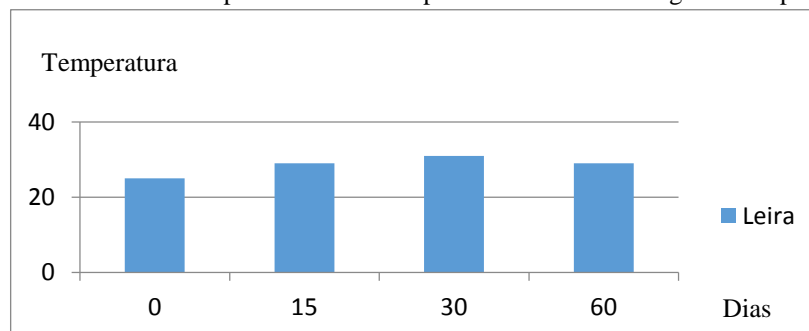
Logo após a montagem da leira, a temperatura máxima a ser atingida foi de 27°C permanecendo a mesma até 24 horas depois. Após este período observou-se um aumento gradativo da temperatura, porém não atingiu a fase termófila, visto que o valor mais alto da temperatura foi de 32°C, sendo mantida esta média durante quinze dias, quando aconteceu o primeiro reviramento. Comparando com o trabalho apresentado por Nóbrega (1991), nota-se que os valores da temperatura logo após a montagem das leiras variaram de 30°C a 36°C e 24h depois as temperaturas atingiram a fase termófila, ao contrário do presente trabalho.

Pereira Neto (2007) afirma que a leira de compostagem deve possuir temperaturas entre 40 e 60°C entre o segundo e o quarto dia, para que haja condições ideais de equilíbrio no seu ecossistema. Porém, nenhuma temperatura neste trabalho foi superior a 39°C. Segundo Nóbrega (1991), o motivo pelo qual a fase termófila não foi atingida pode ter sido devido à dimensão da leira, aeração, tamanho das partículas, teor de umidade, etc. Não permitindo que o calor, produzido pelos microrganismos, fosse retido.

O intervalo entre um reviramento e outro, foi de quinze dias. Portanto do décimo quinto ao trigésimo dia, a temperatura variou entre 31°C e 28°C, respectivamente. Percebeu-se um leve resfriamento um dia após o segundo reviramento, porém nos dias seguintes a temperatura voltou a aumentar. Segundo Kiehl (1985), é normal, durante o processo de decomposição, quente, a temperatura baixar após o reviramento, pois haverá uma perda de calor da leira para o meio.

A partir do trigésimo dia a temperatura variou pouco e o resfriamento da leira iniciou-se aproximadamente após o quinquagésimo oitavo dia, quando a temperatura começou a cair para um valor médio de 29°C. Segundo Souza (2015), o seu trabalho apresentou na leira III o melhor desempenho da temperatura, atingindo inicialmente 39°C, chegando a atingir até 54°C, chegando até a fase termófila, porém após 22 dias da montagem a temperatura foi se aproximando da temperatura ambiente, indicando o término da fase ativa.

Figura 4. Gráfico do comportamento da temperatura na leira ao longo da compostagem



Fonte: Lima, 2016

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados os resultados do processo de compostagem, utilizando os resíduos sólidos orgânicos provenientes da feira da EMPASA. De modo geral, pode-se dizer que o objetivo geral do trabalho foi alcançado, visto que uma leira de compostagem de pequena dimensão foi montada, operada e analisada. Utilizou-se o revolvimento manual na leira, permitindo que houvesse a análise dos parâmetros desejados e do comportamento da leira na fase ativa.

Os resultados obtidos não foram totalmente satisfatórios, visto que o teor de umidade da leira apresentou-se baixo ao longo do processo de compostagem, o que não é recomendado pela literatura utilizada. E uma solução para este problema poderia ser o aumento de reviramentos, melhorando a aeração da mesma. Além disso, as temperaturas não atingiram a fase termófila.

O processo de compostagem possui grande importância, tanto para o homem quanto para o meio ambiente, sabendo-se que a realização desse processo diminuirá a degradação do meio ambiente, pois transformará resíduos orgânicos, transformando-se em fertilizantes ou compostos orgânicos. Porém, infelizmente, a compostagem ainda é pouco difundida e estudada no país.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015.
- ABNT– Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação**. 2004.
- BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JUNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. **Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processo de produção**. Engenharia Sanitária Ambiental, Rio de Janeiro, v.11, n.4, p. 386-393, out./dez., 2006.
- BRAGA, M.C. e DIAS, N. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos**. Curitiba. Volume 1. 2008.
- BRASIL. **Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 15 de setembro de 2016.
- GALEFFI, Carlo. **Quem produz mais lixo no mundo**. Portal resíduos sólidos. 2013. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/quem-produz-mais-lixo-no-mundo>>; acesso em 30.01.2014.
- GUTTERIDGE, H. 1952: **Refuse Sewage Composting – Engineering Aspects**. Trans. Soc. Engrs. Pp. 43-135
- NÓBREGA, C. C., 1991. **Estudo e Avaliação de um Método Híbrido de Aeração Forçada para Compostagem em Leiras**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária – UFPB.
- IPEA. **Plano de resíduos sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. Comunicados do IPEA, n. 145, 25 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf>; Acesso em 10/06/2017.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres. 492p., 1985.

LIMA, T.C.Q.O. **Comportamento dos parâmetros físicos e químicos em uma leira de compostagem, durante a fase ativa**./Thaís Cordeiro Queiroz de Oliveira Lima./ - João Pessoa, 2016.

PEIXE, C.; HACK, M. B. **Compostagem como método adequado ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos**: Experiência do município de Florianópolis/SC. 2014.

PEREIRA NETO, J. T., 1987: **“On the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – A Low Cost Technology Approach”**. Tese de PhD - Universidade de Leeds, Inglaterra. p. 376.

PIRES, C. S. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional dos Resíduos Sólidos: Análise dos planos municipais da alta bacia do Tietê**. Mestrado em Ciências, Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Paulo.São Carlos, SP. 2013. Disponível em: Acesso em: 10 setembro. 2016.

SOUZA, L. A., 2015. **Análise dos métodos de leira estática e de revolvimento manual na compostagem de resíduos orgânicos gerados em restaurante universitário**. Trabalho de Conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental - UNESP.

Capítulo 6. Casos de Sucesso

A economia circular é um modelo capaz de desacoplar o crescimento econômico da geração de resíduos. Assim, o presente capítulo apresenta *cases* de sucesso em diferentes setores do Brasil, que utilizam tecnologia e responsabilidade na inovação de produtos e sistemas concebidos para fechar o ciclo dos materiais “do-berço-ao-berço”. O sucesso destas ações impulsiona a sustentabilidade processual, protege o meio ambiente e inspira a replicabilidade em outros contextos.

6.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL: DIAGNÓSTICO E CRÉDITO AMBIENTAL

LINS, Josiane Maria de Santana Melo

Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)

josianemlins@hotmail.com

LINS, Eduardo José Melo

Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE)

eduardojmlins@hotmail.com

BURGOS, Ramon Duque Ferraz

Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE)

rramondunque@gmail.com

RESUMO

A revisão bibliográfica proposta tem como foco as usinas de reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e o crédito ambiental dos produtos da reciclagem, visto que os RCD têm alto potencial de serem reinseridos no processo produtivo, com consequente mitigação da exploração de recursos naturais, tendo como objetivo a compreensão do processo de reciclagem e a viabilidade econômica e financeira dos agregados produzidos. Para tanto foram pesquisados artigos que versam sobre o tema através de plataformas digitais. As usinas para reciclagem de resíduos da construção civil podem ser fixas ou móveis. O equipamento mais importante numa usina de reciclagem é o britador, cuja produção pode variar de 10 t/h a 500 t/h. As usinas de reciclagem correspondem a um investimento que pode variar de R\$ 1,0 milhão (20 t/h) a R\$ 2,7 milhões (100 t/h). O processo de produção de agregados reciclados mais utilizado no Brasil é o denominado circuito emergente, contudo, o processo Europeu denominado circuito padrão proporciona maior eficiência. Cerca de 180 usinas existiam no Brasil em 2015 e que, 65% encontravam-se na região Sudeste. Os agregados reciclados quando comparados aos agregados naturais possuem custos em média 62% menores, economia que denominamos crédito ambiental. Conclui-se que há viabilidade econômica para a produção de produtos reciclados a partir de resíduos de construção e demolição.

PALAVRAS-CHAVE: Usinas de Reciclagem, Circuito Padrão, Agregados Reciclados.

1. INTRODUÇÃO

O tema da reciclagem dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) é tão antigo quanto à construção. Há exemplos de cidades que depois de guerras foram reconstruídas com seus próprios escombros. Entre elas estão Roma, na Antiguidade, e Londres, Berlim e Varsóvia, após a Segunda Guerra Mundial, com o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem nos anos de 1940 a 1950 (RECESA, 2008).

A reciclagem de resíduos da construção civil é praticada há anos. No entanto, a reciclagem do RCD só aumentou depois da Segunda Guerra Mundial, especialmente, na Alemanha. Segundo PINTO (1999), praticamente todos os países-membro da comunidade europeia têm instalações de reciclagem de RCD, normas e políticas específicas para este tipo de resíduo, além de um esforço mais recente para consolidação de normativa única para toda a Europa.

No Brasil, a experiência é recente, iniciada em 1991. A instalação destes equipamentos aconteceu em alguns municípios como resultado de planos de gestão dos RCD e, em outros, como simples aquisição de equipamentos descoordenada de um planejamento de ações, o que inevitavelmente compromete os resultados a serem alcançados, eliminando em alguns casos qualquer impacto positivo da presença destas instalações (TAVARES et al., 2016).

A indústria da construção civil é de grande importância para a economia do Brasil, tendo em vista que gera milhares empregos diretos e indiretos, renda e riquezas, bem como é responsável por materializar os projetos de infraestrutura que dão estímulo à economia nacional, em contrapartida, esta atividade de transformação da paisagem natural é responsável pelo consumo de grande volume de matérias-primas naturais e pela geração de expressiva quantidade de resíduos.

Os RCD gerados no Brasil não representam grandes riscos ambientais em razão de suas características químicas e minerais serem semelhantes aos agregados naturais e solos, contudo, podem apresentar outros tipos de resíduos como óleos de maquinários utilizados na construção, pinturas e asbestos de telhas de cimento amianto (ÂNGULO, 2000, apud KARPINSKI, 2007).

Os resíduos de construção e demolição são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo em vista que, na maioria dos casos, são compostos por materiais predominantemente, inertes e inodoros, tendo como principal impacto ambiental o expressivo volume gerado e a sua deposição irregular no ambiente urbano. Contudo, nesses resíduos também são encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças (KARPINSKI, 2009).

Segundo SJOSTROM (1996) apud JOHN (2000), além da poluição visual, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, o setor de construção civil absorve cerca de 14% a 50% dos recursos naturais.

As Usinas de Reciclagem de RCD consistem numa unidade industrial para o recebimento e processamento de resíduos sólidos oriundos de construções e demolições, tais como as sobras de tijolos, restos de argamassa e concretos, através da moagem ou britagem dos mesmos, após a qual são adequadamente separados por faixas granulométricas com o uso de peneiras de malhas decrescentes, tendo como produto final o agregado reciclado, sendo este produto reutilizado em novos ciclos

produtivos da indústria da construção civil, pois podem substituir satisfatoriamente os agregados naturais (areia e brita) para aplicações não estruturais.

A publicação da resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), datada de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, proporcionou a aceleração na quantidade de usinas para reciclagem de RCD instaladas no Brasil, tendo em vista que os geradores começaram a ser responsabilizados pelos resíduos gerados. Há registros de usinas de reciclagem trabalhando no Brasil desde 1986 (Miranda et al., 2009). Conforme apontado por Miranda et al. (2009), no ano de 2009, existiam no Brasil cerca de 48 usinas instaladas, onde cerca da metade eram públicas.

No ano de 2010, foi publicada a Lei nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, legislação que promoveu importante marco para o setor de resíduos da construção e deu nova força para a correta gestão e reciclagem de RCD.

A substituição de agregados naturais (areia e brita) por agregados reciclados, a depender das condições de reciclagem e volumes disponibilizados, pode representar importante crédito ambiental, tendo em vista que diminui a quantidade de recursos naturais extraídos da natureza e resíduos da construção civil lançados no meio ambiente.

Este artigo consiste na revisão da bibliografia nacional a respeito das usinas para reciclagem de RCD e dos respectivos produtos da reciclagem, tendo como objetivo analisar os tipos de usinas existentes no Brasil, apresentar os custos atualizados para a aquisição das mesmas e respectivas áreas necessárias para implantação em função da sua produção horária, compreender os processos industriais para a usinagem de agregados reciclados, mapear a quantidade e distribuição geográfica das usinas existentes no país e por fim comparar os custos atualizados de comercialização de agregados naturais e reciclados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O crescimento acelerado da economia brasileira, nos últimos anos, tem gerado alguns desafios para as municipalidades, destacando-se aqueles ligados à geração diária de grandes volumes de resíduos sólidos urbanos, dentre os quais, grande parte constitui-se em resíduos produzidos pela construção civil (PASCHOALIN FILHO et al., 2014).

Os RCD são classificados segundo a Resolução CONAMA 307 de 2002 em quatro categorias A, B, C e D, sendo as classes A e B recicláveis (CUNHA; MICELI, 2013). De acordo com a citada Resolução, os resíduos da construção civil são classificados segundo quatro classes, os quais são: Classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, metais e gesso; Classe C - resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; e Classe D - resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, óleos e aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde.

A fração mineral do RCD (Classe A), após processamento nas Usinas de Reciclagem, constitui os agregados reciclados. Estes complementam a oferta do mercado de agregados naturais, reduzindo a pressão sobre os estoques finitos de brita e areias naturais (CUNHA; MICELI, 2013).

Sendo de responsabilidade dos municípios os RCD reciclados também podem ser utilizados como agregado para concreto de baixa resistência, em pavimentação de rodovias, como material para drenos ou para recheio de estruturas de contenção, na produção de blocos de cimento, na fabricação de blocos pré-moldados para pavimentação de calçadas, etc. A eficiência da reciclagem de RCD pode ser melhorada caso exista um conjunto de instruções acompanhadas de avanços tecnológicos e de procedimentos cientificamente testados. (TESSARO et al., 2012).

No Brasil, existiam, em 2002, 11 usinas de reciclagem municipais (LEVY, 2002). Esse número cresceu e hoje em 2013 existem cerca de 200 (ABRECON, 2013), muitas associadas à Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON, criada em 2011.

Dentre as várias possibilidades, a reciclagem dos RCD pode ser aplicada para diversos fins, tais como: camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, fabricação de concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, meio-fio, dentre outros), camadas drenantes, etc. (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Dados da ABRECON de 2013 e biênio 2014/2015, apontam que a gestão da reciclagem dos RCC no Brasil é desenvolvida de maneira predominante por empresas privadas ou parcerias público-privadas, representando tais agentes importantes e potenciais parceiros do poder público para o desenvolvimento de ações de empreendedorismo e inclusão social das comunidades locais (LINS et al., 2017).

Segundo Cunha e Miceli (2013), as escalas de produção das usinas de reciclagem nacionais ainda são pequenas, tipicamente menores que 100 toneladas de RCD processados por dia. Assim, a reciclagem dos RCD é ainda quase insignificante diante do montante gerado. NUNES (2014) aponta que a distância de transporte entre o ponto gerador de resíduos e a usina de reciclagem é importante variável para a viabilidade econômico-financeira das usinas para processamento dos RDC, as quais devem estar situadas próximas aos locais com maior volume de geração de resíduos e com maior potencial de crescimento.

Segundo a RECESA (2008), estudos realizados por um fabricante de equipamentos para britagem de RCD indicam que a reciclagem do entulho em usinas com britadores é viável sempre que for gerado em quantidades regulares, admitindo Usinas de Reciclagem com produção horária de 30 t/h a 500 t/h.

Acontece que os agregados após passarem por processos de reciclagem ainda não são vistos como produtos ecológicos ou sustentáveis, embora tenham relevante potencial para mitigação dos impactos da extração de produtos da natureza, sendo ainda incipientes as usinas privadas que são economicamente sustentáveis em todos os estados brasileiros. Incentivos e parcerias públicas de aquisição ainda são necessários para seu funcionamento. O mercado de agregados reciclados ainda encontra-se em formação (CUNHA; MICELI, 2013).

3. METODOLOGIA

Este artigo científico consiste de uma revisão da literatura especializada na temática das Centrais de Processamento de Resíduos de Construção e Demolição, no qual se realizou consultas a artigos científicos e periódicos selecionados através de busca no banco de dados do Google Scholar, Scielo e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Ministério da Educação (CAPES/MEC). Também foram realizadas buscas sobre as legislações atinentes aos RCD nos portais do governo Federal, bem como informações relativas à gestão das Centrais de Processamento de RDC através do portal da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON.

As palavras-chave utilizadas na busca foram: Centrais de Processamento de RDC; Usinas de Processamento de RDC; RDC; Resíduos de Construção e Demolição no Brasil; e Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição.

Em seguida, buscou-se estudar e compreender os tipos de Centrais de processamento de RDC existentes no Brasil e a evolução histórica e as condicionantes envolvidas para a implantação e continuidade da operação das mesmas, dentre eles a comercialização e utilização dos agregados reciclados produtos do processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tipologias de Usinas para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil

As usinas para reciclagem de RCD são divididas em duas tipologias ou categorias, segundo a sua mobilidade, quais sejam as Usinas de Reciclagem Fixas (URF) e Usinas de Reciclagem Móveis (URM).

4.1.1 Usinas de Reciclagem Fixas

As usinas fixas predominam no Brasil, principalmente, por serem antigas e tradicionais. Já o uso das usinas móveis cresce devido a sua flexibilidade e menores custos. As Usinas de Reciclagem Fixas (URF) são ideais para situações que exigem um ciclo completo de reciclagem. São apropriadas para cidades de médio e grande porte, com alta geração de RCD e com adequada demanda para a comercialização dos agregados reciclados produzidos ou ainda com a garantia do poder público da compra dos citados agregados para uso em obras públicas (BARTOLI; ABDULMACIH, 2016).

Além dos custos com a aquisição dos equipamentos, para a implantação de uma URF são necessários investimentos com a compra ou aluguel do terreno com adequadas dimensões para a instalação da mesma, terraplenagem do terreno para conformação topográfica, construção de bases em concreto armado para os equipamentos, edificação para abrigar a administração da central, cercas ou muros para impedir a entrada de pessoas estranhas à operação da usina, dentre outros.

As URF, normalmente, são movidas à energia elétrica e demandam um custo operacional mais alto quanto comparado às usinas fixas, tais como custos com vigilância, controle de portaria, aluguel

do terreno, dentre outros. Possuem capacidade para produzir até 500 t/h de agregados reciclados. Segundo CUNHA e MICELI (2013), o equipamento que define a capacidade das usinas é o britador. No mercado brasileiro existem britadores de diferentes características e capacidades de processamento, normalmente de 20 t/h, 30 t/h, 50 t/h e 100 t/h. No Brasil, a produção média nos centros de reciclagem, segundo as 14 usinas analisadas por NUNES (2004) foram em torno de 208 t/dia em 2003.

As Usinas de Reciclagem Fixas operam segundo a seguinte sequência produtiva: a partir das peneiras fixas, as URF recebem o material, separam, britam e fazem o peneiramento em três ou quatro granulometrias diferentes. As usinas fixas produzem agregados classificados em diferentes granulometrias, normalmente, areia, pedrisco, brita, bica corrida e rachão reciclados, o que permite uma diversificação do público consumidor, facilitando a venda dos agregados.

De acordo com o trabalho desenvolvido por JADOVSKI (2005), citado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2012), numa Usina Fixa de Processamento dos RCD, há a necessidade de redução das dimensões dos resíduos que chegam à mesma, etapa denominada pré-triagem e separação inicial, sendo utilizados para tal fim equipamentos específicos, a exemplo dos seguintes:

- a) Rompedores hidráulicos: podem ser montados em equipamentos móveis ou sistemas estacionários de pedestal;
- b) Tesouras trituradoras: usadas na demolição de concreto, cortes de vigas de aço e demolição de pontes. Possuem rotação livre de 360°. Oferecem maior produtividade e versatilidade em operações com restrições de espaço;
- c) Pulverizadoras: usados para reduzir o tamanho dos blocos de concreto e separar as barras de aço, facilitando a reciclagem após a demolição.

Jadovski (2005), citado pelo SEBRAE (2012), também detalha os equipamentos necessários para a realização da etapa de britagem e crivagem, principal etapa do processo produtivo de uma Central de Processamento de RCD (Quadro 1), os quais são os seguintes:

- d) Alimentadores: são equipamentos utilizados para alimentação de britadores primários, retomada de materiais sob silos e pilhas, alimentação com dosagem de rebitadores e moinhos, dentre outras funções.
- e) Britadores: Conceitua-se britagem como a fase grosseira da fragmentação de minerais, sendo que os britadores merecem atenção especial, pois são os equipamentos mais importantes em uma usina de reciclagem de resíduos sólidos e determinam a maior parte das propriedades dos agregados produzidos. Os principais tipos de britadores são os de mandíbulas e giratórios e os rebitadores hidráulicos de cones e de rolos.
- f) Máquina de impacto: Ao contrário dos britadores de mandíbulas, as máquinas de impacto realizam a britagem através do choque do material contra as paredes fixas e peças móveis do

equipamento. Os principais tipos são o britador de impacto, moinhos de martelos, VSI e moinho de bolas.

- g) Peneiras e gulhos: Durante o processo de peneiramento a camada de material tende a desenvolver um estado fluído, sendo que a classificação se dá através dos processos de estratificação e de separação (nos quais são usados as peneiras e gulhos).
- h) Transportadores de correias: Os transportadores de correia são compostos por roletes, tambores, acionadores, esticadores, estrutura metálica e acessórios.
- i) Lavadores: A lavagem tem por objetivo a remoção de materiais indesejáveis, principalmente, argila e partículas superfinais (finos). É aplicada também na classificação de materiais finos e úmidos, cujo peneiramento é extremamente difícil sem o emprego da lavagem.

Quadro 1. Equipamentos necessários para a realização das principais etapas do processo produtivo de uma Central de Reciclagem de RCD.

Etapa	Equipamento	Função
1	Pré-Triagem e Separação Inicial (Redução Dimensional)	
A	Rompedores Hidráulicos	Reduzir as dimensões dos RCD que chegam à usina
B	Tesouras Trituradoras	Reduzir as dimensões dos RCD que chegam à usina
C	Pulverizadores	Reduzir as dimensões e separar as barras de aço do RCD que chega à usina
2	Britagem e Crivagem	
D	Alimentadores	Alimentar os britadores primários
E	Britadores de Mandíbula	Britar os RCD
F	Máquinas de Impacto	Rebritar os RCD
G	Peneiras e Gulhos	Estratificar e separar o material britado
H	Transportadores de Correias	Transportar o material britado até a pilha de armazenagem
I	Lavadores	Remover partículas indesejáveis (argilas e finos)

Fonte: Jadovski (2005) apud Sebrae (2012).

4.1.2 Usinas de Reciclagem Móveis

As Usinas de Reciclagem Móveis (URM) têm a flexibilidade de serem transportadas para onde a obra estiver e no caso de operarem em campo, necessitam de baixa quantidade de mão de obra para a sua operação. Além disso, elas apresentam a vantagem de fornecerem o serviço de reciclagem de RCD, não tendo que cumprir com as duas obrigações básicas das usinas fixas que são de receber RCD e de conseguir mercador consumidor para os agregados reciclados produzidos (ABRECON, 2015).

As usinas móveis são, comumente, utilizadas em obras de médio e grande porte. As URM transformam resíduo em produto final no próprio local de geração, reduzindo os custos com transporte e destinação final dos mesmos, além de proporcionar a economia na compra de agregados naturais. As Usinas de Reciclagem Móvel, normalmente, são movidas à diesel e demandam um custo operacional mais baixo, quanto comparado às usinas fixas. Uma URM possui capacidade para produzir de 5 a 70 t/h e é composta basicamente por três componentes, quais sejam, um caminhão do tipo *Roll On Roll Off*, uma Britadeira Móvel e uma Peneira Rotatória Móvel, normalmente, atracada como reboque no caminhão. Há modelos a diesel e a energia elétrica. A Usina pode ser transportada em um único caminhão.

Anterior à alimentação do britador da URM, o equipamento precisa do apoio de escavadeiras com rompedores ou pulverizadores para a preparação dos resíduos (rocha, concreto, etc.). Após o processamento do RCD, pás carregadeiras fazem a formação das pilhas do material para serem, posteriormente, aplicados.

Os custos com a implantação da área para abrigar a usinas fixas, tais como obras de terraplenagem, bases em concreto armado, sistemas de drenagem, dentre outros, são dispensáveis para as usina móveis. Outra vantagem da URM, a depender do modelo, é a baixa emissão de ruídos, poeira e gases, podendo ser instalada em locais sensíveis a tais condicionantes. As usinas móveis têm britadores primários que produzem apenas a bica corrida, com uso mais comum em pavimentação, tendo desta maneira limitada diversidade de produtos reciclados quando comparados com os produtos produzidos pelas usinas fixas.

Há também outros tipos de URM que consistem em equipamentos compactos, montados sobre mini carregadeiras e pás carregadeiras, indicados para a usinagem dos resíduos no próprio canteiro de obras de edificações são as denominadas caçambas triturados. Este equipamento possui capacidade de produção de 5 a 10 m³/h até versões de maior porte com produção entre 40 a 50 m³/h.

4.2. Custos Médios para Aquisição de uma Usina de Reciclagem de RCD

Os custos de aquisição apresentados na Tabela 1 foram obtidos da pesquisa desenvolvida por Jadovisk e Masuero (2006) e atualizados monetariamente do mês de janeiro de 2005 para o mês de maio de 2017 pelo índice INCC - DI - Total - Média publicado pela Fundação Getúlio Vargas - FGV (fator igual a 1,276).

De acordo com JADOVISK e MASUERO (2006), os custos médios de aquisição dos equipamentos acima foram obtidos junto a cinco fabricantes de equipamentos através de pesquisa orientada, ou seja, sempre considerando o mesmo layout de produção e potência dos equipamentos. Os custos coletados incluem o frete até uma distância de 1.000 km da cidade de São Paulo. Para usinas de reciclagem com produção de bica corrida considera-se o custo do alimentador vibratório, britador de impacto e correias transportadoras. Para usinas de reciclagem com produção de agregados para concreto (areia e brita), considera-se, o custo do alimentador vibratório, calha vibratória, grelha vibratória, britador de mandíbulas, rebritador de mandíbulas, moinho de martelos, peneiras e correias transportadoras.

Segundo os citados autores, os custos de instalações mecânicas e elétricas dos equipamentos obedecem a um percentual do custo de aquisição dos equipamentos, sendo 5% e 10% respectivamente. O custo de obras de terraplenagem e obras de contenção é arbitrado em um percentual de 5% sobre o custo de aquisição dos equipamentos. Estes percentuais foram estipulados conforme levantamento junto aos fabricantes dos equipamentos.

Tabela 2. Custos médios (maio/2017) de aquisição de equipamentos para uma Central de Reciclagem de RCD (Conjunto de Britagem).

Capacidade de Produção	Alimentador Vibratório	Calha Vibratória	Grelha Vibratória	Britador de Mandíbulas	Rebritador de Mandíbulas	Moinho de Martelo	Britador de Impacto	Correias		
								Peneiras	Bica Corrida	Areia e Brita
t/h	R\$ (x 1.000)									
20	71	12		224	137	69	194	64	53	142
30	92	19		310	168	85	217	80	64	168
40	121	22		365	183	114	244	98	71	195
50	142	35	73	417	228	171	285	138	85	263
75	171	37	73	542	274	228	422	178	110	309
100	205	41	73	667	274	228	558	218	128	345

Fonte: Atualizado monetariamente de Jadovisk e Masuero (2006) pelo índice INCC - DI - Total - Média publicado pela Fundação Getúlio Vargas - FGV (os dados originais tiveram como fonte as informações dos fabricantes dos equipamentos).

4.3. Relação entre a Capacidade de Produção de uma Usina de Reciclagem de RCD e a Área de Implantação

Jadovisk e Masuero (2006) estimam que a área total necessária para a instalação de uma Central de Reciclagem de RCD, arbitrada com base em visitas técnicas realizadas às diversas usinas, variando em função da capacidade de produção da usina de reciclagem, correspondem àquelas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Área total necessária para instalação de uma Central de Reciclagem de RCD.

Capacidade de Produção do Conjunto de Britagem	Área Total Necessária para a Central de RCD
t/h	m ²
20	6.500
30	8.000
40	10.000
50	12.000
75	16.000
100	20.000

Fonte: Jadovisk e Masuero (2006).

Melo et al. (2013) citam estudos de viabilidade econômica de usinas de reciclagem localizadas no Estado de São Paulo, conduzidos por Jadoviski (2005), os quais constataam que o custo da reciclagem é reduzido com o incremento da capacidade de produção da usina.

4.4. Processos para a Usinagem de Agregados Reciclados

As características dimensionais e de configuração da Central de Processamento de RCD a ser implantada será função de criteriosa análise de viabilidade econômica e financeira. Levantamentos da I & T, mostram que o importante é adequar o porte do conjunto de equipamentos à necessidade de cada município ou até mesmo do canteiro de obras, que pode possuir menor escalada de produção e configuração bem menos sofisticada, com uma produção horária de 20 t/h (RECESA, 2008).

É ressaltado por NUNES (2004) que a viabilidade do aprimoramento do fluxo reverso de resíduos da construção civil depende de uma parceria entre empresas privadas e o poder público. Há uma década NUNES (2004) apresentou um panorama sobre a logística reversa dos RCD, no qual destacou que:

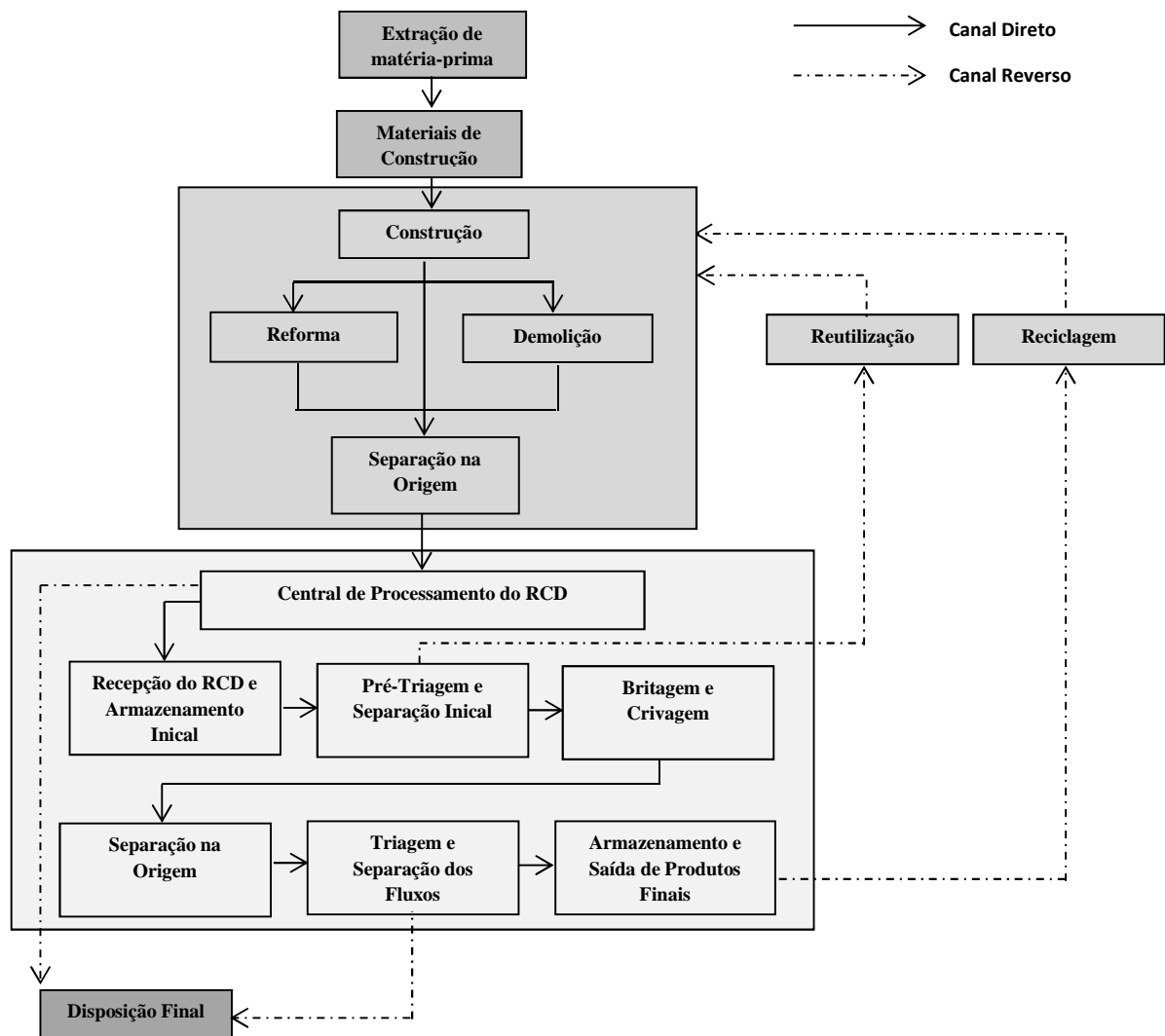
- a) Os canais reversos de distribuição eram compostos, em sua maioria, por materiais provenientes de argamassa, concreto, tijolo e telha cerâmica;
- b) Os canais reversos estavam sendo pouco explorados pelos empreendedores;
- c) Um grande volume de resíduos estava sendo coletado e descartado incorretamente por empresas de limpeza urbana;
- d) As usinas de RCD deveriam estar situadas próximo aos locais com maior volume de geração de resíduos e com o maior potencial de crescimento.

Nunes (2004) também salientou que a viabilidade do aprimoramento do fluxo reverso de resíduos da construção civil depende de uma parceria entre empresas privadas e o poder público. O processo de reciclagem obedece às etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1, baseado em proposta elaborada por Pereira et al. (2004). Segundo Schneider (2003) os canais direto e reverso de distribuição do setor da construção civil são os representados na Figura 4. O mencionado autor afirma que ainda não existe um ciclo fechado para o segmento, tendo em vista apresentar um número limitado de resíduos que possam ser beneficiados, de modo que os mesmos possam ser encaminhados para uma destinação final adequada.

Uma das soluções para os problemas com o RCD é a reciclagem, que no Brasil, data desde 1980 quando se iniciaram estudos sistematizados (Pinto, 1999).

De acordo com CUNHA e MICELI (2013), a tecnologia de produção para a obtenção dos agregados reciclados já é dominada, a exemplo da Europa onde diversas usinas já operam com circuitos modernos de operação, podendo ser classificados, conforme Lima (2012) como “circuitos padrão”, que incluem separações densitárias, ou seja, com o uso de líquido de densidade conhecida, controlada e intermediária em relação ao minério que se deseja separar, através de equipamentos como Jigue, Britadores VSI e Espiral para obtenção de produtos de maior valor agregado. No Brasil, as operações ainda são simplificadas, resumindo-se às separações granulométricas através de britadores de impacto, de martelo, peneiras, o que Lima (2012) chamou de “circuitos emergentes”.

Figura 1. Fluxograma da Logística Reversa e do Processo de Reciclagem dos RCD em Central de Processamento.

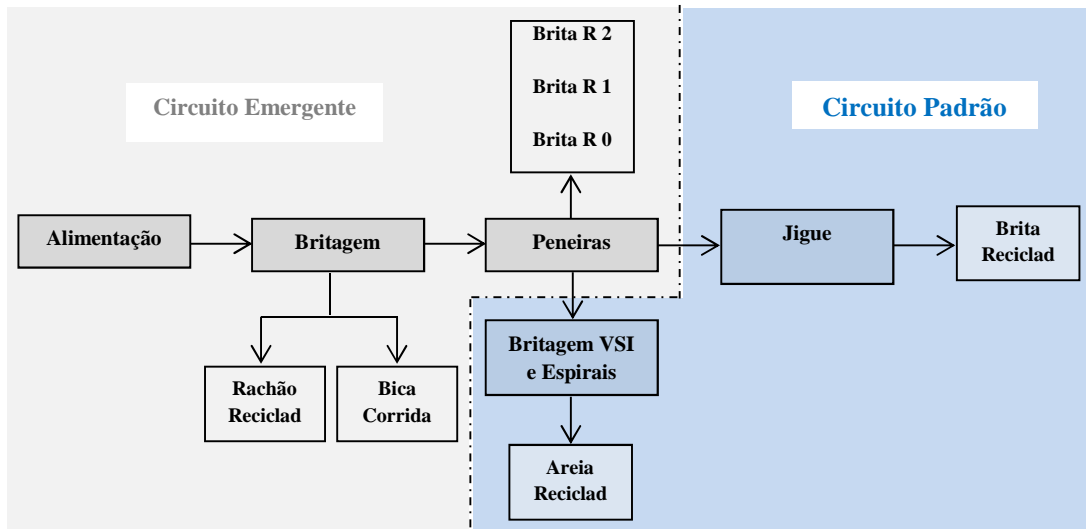


Fonte: Adaptado de Ghedini et al. (2013) e de Cardoso et al. (2014).

Salvo poucas variações, os processos existentes nas usinas de reciclagem de produção de agregados reciclados podem ser representados na Figura 2.

Jigue consiste num equipamento vibratório em que, pela agitação da água, se promove a concentração do minério, no caso em questão a concentração dos agregados reciclados. Britadores VSI é um equipamento de britagem cuja produção dos agregados é promovida através do impacto de rocha contra rocha, proporcionando um material com maior resistência e melhor formato, reduzindo a umidade do produto e facilitando o peneiramento, bem como produz um material com maior qualidade e com menor custo quando comparado aos britadores convencionais.

Figura 2. Fluxograma do Processo de Produção de Agregados Reciclados em Central de Processamento de RDC (Circuitos Emergente e Padrão).



Fonte: Adaptado de Cunha e Miceli (2013).

4.5. Quantidades e Distribuição Geográfica das Usinas de Reciclagem de RCD no Brasil

Pesquisas desenvolvidas por CUNHA e MICELI (2013) apontam um crescimento da oferta de Usinas de Reciclagem no Brasil a partir de 2002 quando da publicação da Resolução 307 do CONAMA, tendo sido mais acelerado a partir de 2010, ano da publicação da lei 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esses valores incluem tanto Usinas Públicas como Privadas.

Informações do Relatório da Pesquisa Setorial 2014/2015 da ABECON apontam para a estagnação na quantidade de usinas instaladas no Brasil para o período compreendido entre os anos de 2013 e 2015 (Tabela 3), fase de severa recessão econômica, com o conseqüente desaquecimento de atividade da indústria da construção civil brasileira.

Ainda de acordo com dados de Cunha e Miceli (2013), considerando-se a geração de 80 milhões de toneladas por ano de RCD no Brasil e a capacidade média de uma Usina igual a 60.000 toneladas por ano, estima-se que o número mínimo de Usinas de Reciclagem no país deveria ser da ordem de 1.300 unidades. As obras públicas são o grande consumidor de agregados para pavimentação, com um consumo de cerca de 50 milhões de toneladas por ano. Só a pavimentação é capaz de absorver em torno de 50% da massa total do RCD. O restante, cerca de 330 milhões de toneladas de agregados, é consumido pelo setor privado, sendo majoritariamente empregado em concretos e argamassas (CUNHA; MICELI, 2013).

De acordo com dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), o Estado de São Paulo é o que possui o maior número de usinas instaladas, seja pela maior atividade de construção civil que gera maior volume de RCD ou por outros fatores, como o preço mais elevado dos agregados naturais ou maior fiscalização quanto à destinação do RCD. Um panorama da concentração de usinas de reciclagem de RCD no Brasil para o período compreendido entre 2013 e 2015 é apresentado na Figura 3.

Tabela 3. Evolução do número de Usinas de Processamento de RCD em funcionamento no Brasil.

Ano	Número aproximado de Usinas de Reciclagem*	Capacidade (10 ⁵ t/ano)**
2002	11	6,6
2003	15	9,0
2004	25	15,0
2005	30	18,0
2006	35	21,0
2007	40	24,0
2008	45	27,0
2009	50	30,0
2010	80	48,0
2011	130	78,0
2012	180	108,0
2013 ***	180	108,0
2014 ***	180	108,0
2015 ***	180	108,0

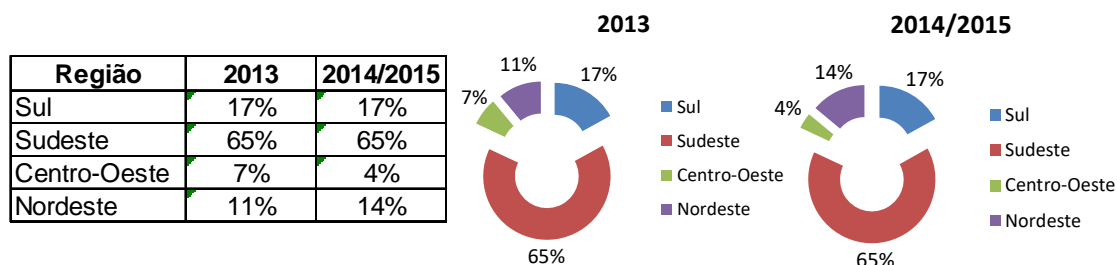
*Número estimado a partir de entrevistas com a ABRECON.

**Adotou-se uma produtividade de 60 mil t/ano por Usina, com capacidade de 208 t/dia.

*** Informações do Relatório da Pesquisa Setorial 2014/2015 da ABECON.

Fonte: Adaptado de Cunha e Miceli (2013).

Figura 3. Concentração de Usinas de Reciclagem de RCD no Brasil por Região.



Fonte: Abrecon (2013; 2014/2015).

No Brasil, as usinas se concentram principalmente na região sudeste, sendo São Paulo o estado com a maior concentração (Nunes, 2004) e onde se encontram as usinas de maior capacidade. Nesse mercado de agregados o custo de transporte limita o alcance das usinas, que só atendem regiões localizadas dentro de um raio que varia de 30 a 50 km da usina (CUNHA; MICELI, 2013).

4.6. Crédito Ambiental dos Produtos da Reciclagem

O comparativo de custos entre agregados naturais e reciclados é adaptado da pesquisa desenvolvida por Paschoalin Filho et al. (2015), na qual o autor realizou o levantamento do custo de fornecimento para agregados reciclados produzidos por três Centrais distintas situadas no Estado de São Paulo e adotou o preço unitário médio para os mesmos (Tabela 4).

Paschoalin Filho et al. (2015), ressaltam que os agregados reciclados, apesar de possuírem denominações semelhantes aos naturais, ou seja, brita, bica corrida, areia etc., foram denominados analogamente aos agregados naturais no que tange à granulometria do material reciclado e não à sua origem. Os agregados reciclados produzidos por Centrais de Processamento de RCD no Estado de São Paulo tiveram seus custos atualizados monetariamente do mês de agosto de 2015 para maio de 2017 pelo índice INCC - DI - Total – Média publicada pela Fundação Getúlio Vargas - FGV (fator igual a 1,0918).

Os custos dos agregados reciclados da pesquisa de Paschoalin Filho et al. (2015), foram comparados aos custos dos agregados naturais constantes do Sistema de Custos Rodoviários - SICRO2 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT para o Estado de São Paulo.

Para os agregados naturais os custos são os constantes do SICRO2 do DNIT para o Estado de São Paulo, os quais foram atualizados monetariamente do mês de novembro de 2016 para maio de 2017 pelo índice INCC - DI - Total - Média publicada pela Fundação Getúlio Vargas - FGV (fator igual a 1,0219).

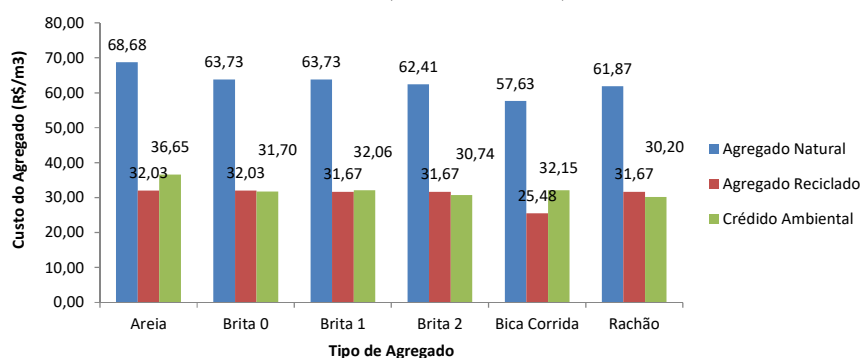
Tabela 4. Comparação entre os custos de aquisição por metro cúbico de agregados naturais, reciclados e respectivo crédito ambiental (base maio/2017).

Agregado	Natural ⁽¹⁾		Reciclado ⁽²⁾		Crédito Ambiental		
	Tipo	Fonte/Código	R\$/m ³	Fonte	R\$/m ³	R\$/m ³	%
Areia		SICRO2/SP M704	68,68	Paschoalin Filho et al. (2015)	32,03	36,65	53,36%
Brita 0		SICRO2/SP AM35	63,73	Paschoalin Filho et al. (2015)	32,03	31,70	49,74%
Brita 1		SICRO2/SP AM35	63,73	Paschoalin Filho et al. (2015)	31,67	32,06	50,31%
Brita 2		SICRO2/SP AM36	62,41	Paschoalin Filho et al. (2015)	31,67	30,74	49,25%
Bica Corrida		SICRO2/SP M709	57,63	Paschoalin Filho et al. (2015)	25,48	32,15	55,79%
Rachão		SICRO2/SP M710	61,87	Paschoalin Filho et al. (2015)	31,67	30,20	48,81%

Fonte: (1) Preços dos agregados do Sistema de Custos Rodoviários - SICRO2 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. (2) Preços dos agregados adaptados de PASCHOALIN FILHO et al. (2015).

Da análise da Figura 4 é possível compreender que a areia natural possui o maior custo de aquisição (R\$ 68,68/m³), dentre todos os agregados naturais e, quando comparado ao custo da areia reciclada (R\$ 32,03/m³), produzida a partir de resíduos de construção e demolição (concretos, argamassas, tijolos, etc.), apresenta o maior valor absoluto de crédito ambiental (R\$ 36,65/m³). Tal considerável crédito da areia reciclada pode ser explicado pelo fato da areia natural ser escassa no estado de São Paulo. Já a brita 2 (R\$ 62,41/m³) e a pedra rachão (R\$ 61,87/m³) são os agregados naturais que apresentam o menor valor absoluto de crédito ambiental (R\$ 30,74/m³ e R\$ 30,20/m³ respectivamente), o qual pode ser explicado pela dificuldade em se obter agregados reciclados de maior granulometria no processo mecânico de reciclagem das usinas.

Figura 4. Gráfico com a comparação entre os custos por metro cúbico de agregados naturais, reciclados e crédito ambiental (base maio/2017).



Fonte: Adaptado de Paschoalin Filho et al. (2015).

Do comparativo de custos entre agregados naturais e reciclados é possível verificar que estes são viáveis do ponto de vista econômico e apresentam uma economia que varia de 48% a 55%, ao qual denominamos como crédito ambiental.

5. CONCLUSÃO

Com o declínio da produção da indústria construção civil, vivenciado nos últimos anos por conta da crise econômica que assola o Brasil, houve a diminuição da geração dos resíduos de construção e demolição e em contrapartida a diminuição das ações voltadas para a redução, reuso e reciclagem dos RCD. É de fundamental importância para o futuro das cidades brasileiras a adequada preparação da infraestrutura necessária para a retomada do desenvolvimento econômico, dentre elas a disponibilidade de usinas fixas e móveis para a reciclagem de resíduos de construção e demolição e por consequência a diminuição dos custos ambientais. Quanto às tipologias de usinas de reciclagem fixas e móveis, fica demonstrado que há tecnologia adequada para diversas necessidades e contextos econômicos. Como exemplo podemos citar as obras para construção de edifícios residenciais populares, que dispõem de pouco espaço físico e recursos financeiros limitados, e por consequência disto, com bom planejamento, podem ser empregadas usinas móveis técnica e economicamente viáveis.

Os custos de aquisição de usinas fixas para a reciclagem de RCD aqui apresentados (conjunto composto por alimentador, calha e grelha vibratórias, britador e rebritador de mandíbulas, peneiras e correias), correspondem a um investimento que varia de R\$ 1,0 milhão (20 t/h) a R\$ 2,7 milhões (100 t/h), os quais exigem um criterioso planejamento do poder público para prover as cidades de tais facilidades, frente ao relativo investimento necessário, sendo tais equipamentos essenciais para o desenvolvimento sustentável das mesmas. O processo de produção de alta eficiência tipo circuito padrão, adotado na Europa, parece longe da realidade brasileira, contudo é importante que o poder público e o meio acadêmico estejam atentos para futura viabilidade da substituição do circuito emergente pelo circuito padrão. A tímida quantidade e disposição geográfica das usinas de reciclagem no Brasil demonstram que há muito a ser realizado pelo poder público e iniciativa privada para a promoção e cumprimento das legislações ambientais existente no país, as quais se tornam letra morta sem as citadas usinas de reciclagem de resíduos da construção civil.

Os custos de aquisição dos agregados reciclados são em média 62% menores quando comparados aos agregados naturais, economia a qual denominamos como crédito ambiental, bem como demonstram que há bom potencial de viabilidade econômica e financeira para a expansão da sua produção, a depender da viabilidade de outras variáveis, tais como o mercado consumidor, a distância de transporte, dentre outras. É importante destacar que embora existam problemas, muito se avançou em relação à temática ambiental, prova disto são a crescente atenção e investimentos financeiros para mitigação dos impactos ambientais gerados pela indústria da construção civil.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei n. 12.305**, de 2 de ago. de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

BARTOLI, H.; ABDULMACIH, S.C. **Usina de britagem fixa ou móvel? Saiba qual a melhor aplicação. Portal dos Equipamentos**. 2016. Disponível em: <http://www.portaldosequipamentos.com.br/equipanews/cont/m/usina-de-britagem-fixa-ou-movel-saiba-qual-a-melhor-aplicacao_12339_39>. Acesso em: 03 jun. 2017.

CARDOSO, A.C.F.; GALATTO, S.L.; GUADAGNIN, M.R. Estimativa da geração de resíduos da construção civil e estudo de viabilidade de usina de triagem e reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Número 31, Março de 2014.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Alterada pelas Resoluções nº 348, de 2004, nº 431, de 2011 e nº 448, de 2012. Dispõe sobre Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002. Disponível em: < www.mma.gov.br>. Acesso em: 03 jun. 2017.

CUNHA, G.N.M.; MICELI, V.M. **Análise da viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil a partir de sistemas dinâmicos**. Projeto de graduação apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ, abril de 2013.

GHEDINI, M.C.; SILVA, N. P.; JUSTUS, C.C.; COLMENERO, J. C. Metodologia para identificação de potenciais locais para a implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil. **Espacios**, vol. 34, 2013.

LINS, J.M.S.M.; LINS, E.J.M.L.; BRUGOS, R.D.F.; GUSMÃO, A.D. **Evolução das práticas de gestão dos resíduos da construção civil em Recife - Pernambuco**. V Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente - EDMA do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife-PE, 2017.

NUNES, K. R. A. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. 2004. 297f. Tese Doutorado em Engenharia de Produção – Departamento de Pós-graduação em engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo. 1999.

Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA. **Resíduos Sólidos: gerenciamento de resíduos da construção civil: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.) – Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 68 p.

SEBRAE. **Coleta e Reciclagem de Resíduos da Construção Civil**. Brasília-DF, 2012.

TAVARES, A.N.R.; CLAUDINO, C.M.A.; DINIZ, M.I.L.; SENA, T.S. **Estudo sobre usinas de reciclagem de resíduos da construção civil e demolição no estado da Paraíba**. Anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Campina Grande – PB, 2016.

6.2 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM UM EMPREENDIMENTO NA REGIÃO DO SUDESTE DA BAHIA

SILVA, Gabriela Dias da

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
gabesdias@hotmail.com

BICALHO, Silvana Ferreira

Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente (GEM₂A/UESB)
silfbicalho@hotmail.com

OLIVEIRA, Melquesedeck Saturnino Cabral

Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente (GEM₂A/UESB)
melque.uesb@gmail.com

RESUMO

O setor da construção civil gera resíduos sólidos que podem impactar negativamente no ambiente se não gerenciados de maneira adequada. Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi verificar as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em um empreendimento imobiliário localizado no município de Vitória da Conquista-BA. A metodologia consistiu numa revisão de literatura e análise de estudo de caso da gestão dos resíduos sólidos no canteiro de obras. Observou-se, que o plano de gerenciamento de resíduos sólidos está implementado e seguindo as normas ambientais, com vistas, principalmente, ao reaproveitamento de resíduos da Classe A para confecção de obras de arte, e segregação das outras classes para reutilização e reciclagem fora do canteiro de obras e disposição final ambientalmente correta daquelas que se fizerem necessárias. Conclui-se que a construtora apresenta compromisso com ênfase na destinação ambientalmente adequada de seus resíduos, consolidando assim o compromisso do setor da construção civil com os requisitos da sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, Reutilização, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O processo de industrialização possibilitou o advento de novas tecnologias, diversificação de bens e serviços, no entanto, é válido ressaltar, que atrelado a esse desenvolvimento, também existe o aumento populacional nos centros urbanos e, conseqüentemente, maior produção de resíduos. A construção civil é um setor de importância socioeconômica no Brasil, pois trata-se do maior empregador da economia (SILVA *et al.*, 2015).

Os resíduos da construção civil (RCC), denominados de resíduos da construção e demolição (RCD), quando apresentados sob forma de rejeitos dispostos irregularmente são caracterizados como potencialmente degradantes, isso em razão das inúmeras conseqüências negativas que acarretam no meio ambiente e na saúde humana (SILVA *et al.*, 2015). Diante disso, há uma preocupação, acerca do destino desses resíduos nos centros urbanos, a fim de evitar assoreando dos rios, enchentes, contaminação do solo e do lençol freático.

A problemática proveniente dos resíduos de construção e demolição tem sido cada vez mais agravada, devido ao crescente adensamento populacional desordenado, a falta de aterros para disposição final destes resíduos, a deficiência do poder público e de todos os agentes envolvidos na gestão destes resíduos (LÚCIO, 2013).

A fim de regulamentar foi sancionada a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 5 de julho de 2002, (CONAMA, 2002), na qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para o setor da construção civil e para administração pública, em relação à correta gestão dos resíduos de construção. Tal legislação classifica os resíduos de construção em: i) Classe A: que são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, ex.: metralha (argamassa, concreto, tijolos, dentre outros); ii) Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; iii) Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação; e iv) Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

É válido ressaltar que no Brasil aproximadamente 90% dos resíduos gerados por esse setor são passíveis de reciclagem, levando em consideração que existe sua contínua geração (LIMA; LIMA, 2011). O grande volume gerado de resíduos pode ser reduzido e, ou minimizado, por meio do manejo sustentável, no qual permita a conservação dos recursos naturais e contribua para geração de valor agregado desses materiais (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2014).

Observa-se que em muitos canteiros de obras há negligência da questão ambiental, quase sempre acompanhado de uma postura reativa das empresas no que concerne às obrigações ambientais. É um comportamento que, para ser modificado, necessita de práticas de sensibilização e mobilização quanto ao entendimento da influência que as ações da indústria da construção pode ter impacto ambiental positivo ou negativo, além da questão econômica, haja visto que o respeito ao ambiente e o combate ao desperdício apresentam-se como diferenciais benéficos a toda organização.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil do empreendimento imobiliário, localizado no município de Vitória da Conquista-BA, visando contribuir para o conhecimento, redução e melhor reaproveitamento dos resíduos gerados nos canteiros de obras com vistas à sustentabilidade.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Política Nacional dos Resíduos Sólidos

A Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL 2010) instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu art. 30, inciso XVI, define resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ainda de acordo com essa Lei Federal, devem-se identificar os principais geradores de resíduos, calcular os custos e criar indicadores para medir o desempenho do serviço público nesse campo (BRASIL, 2010; NETO, 2011).

Importante frisar, contudo, que a eficácia plena da legislação depende de uma cadeia de atores, planejamento técnico e recursos humanos e ambientais para a sua concretização. Nesse sentido, Gouveia (2012) aponta a existência de sérias limitações para a materialização de alguns dispositivos dessa política, como a falta de espaços físicos adequados para a implantação de aterros sanitários e, da mesma forma, a exaustão dos serviços ecossistêmicos relacionados à biodegradação do grande volume de resíduos gerados, especialmente nas regiões metropolitanas do país.

Para atender à Política Nacional dos Resíduos Sólidos, foi criado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ficando assim definido o modo adequado de gestão de resíduos, visando o princípio da redução, reutilização e reciclagem, como também o destino adequado dos rejeitos (resíduos não passíveis de reaproveitamento). Desse modo, o PNRS é formalizado como um instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos para atender às exigências legais, cuja elaboração do mesmo é mediante processo de mobilização e participação social, com audiências e consultas públicas (MOTA et al., 2015).

As responsabilidades quanto à destinação correta dos resíduos gerados é um problema a ser compartilhado pelos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e os municípios, que são os titulares dos serviços públicos e limpeza urbana e manejo destes resíduos, sendo que estratégias podem ser desenvolvidas tanto para reduzir a geração de resíduos, quanto de rejeitos, reduzindo assim os impactos causados à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes dos ciclos de vida dos produtos (ALVES e MEIRELES, 2013; MORAES, 2013).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é um marco orientador na gestão de resíduos sólidos no Brasil, desencadeando reflexões da sociedade brasileira sobre a cultura do desperdício e o atual padrão de produção e consumo, assim como sobre a qualidade do ambiente urbano e o cuidado com os recursos naturais e com a respeito à vida; possibilitando o fomento a soluções inovadoras e à

consolidação de ações sustentáveis que, contando com o apoio e a participação tanto dos segmentos privados e do poder público e da população, trarão melhoria na qualidade de vida desta e das futuras gerações (MOTA et al., 2015).

2.2 Resíduos Sólidos na Construção Civil

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT define resíduos sólidos como aqueles resultantes de diversas atividades humanas, como aquelas de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição e outras. A NBR 10004/2004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos em classe I, os perigosos, e classe II, os não perigosos. Os resíduos classe I são os que apresentam perigo em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podendo apresentar risco a saúde pública ou risco ao meio ambiente. Os resíduos classe II, não perigosos, estão divididos em Não Inertes (II A), aqueles que não se enquadram nos resíduos classe I, e Inertes (II B), que podem possuir biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Normalmente, segundo Cabral e Moreira (2011), os resíduos da construção civil estão enquadrados na classe II B, entretanto, a presença de tintas, solventes, óleos e outros derivados pode mudar a classificação do resíduo para classe I ou classe II A.

A Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos da construção civil, define que os resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, concreto em geral, madeiras e compensados, forros, gesso tubulações, fiação elétrica, etc.

Mattosinho e Pinório (2009) e Leite (2001) acreditam que o aumento na geração destes resíduos deve-se ao modo de produção adotado pelas empresas, à falta de qualidade, ao aumento do poder aquisitivo da população, à urbanização acelerada, à redução da vida útil das estruturas e aos desastres naturais ou provocados pelo homem. Reduzir custos com a eliminação de desperdício, adotar tecnologias limpas e sistemas de gestão ambiental, segundo PNUMA (2010), representam condições de sobrevivência empresarial. Dias (2011) enfatiza que melhorar a eficiência na prevenção da poluição é vantajoso para as empresas, do ponto de vista ambiental e competitivo.

2.3 Aproveitamento dos Resíduos da Construção Civil

A importância do aproveitamento de resíduos deve-se basicamente a dois fatores: a possibilidade de desenvolvimento de materiais de baixo custo a partir de subprodutos industriais, através da investigação de suas potencialidades; e a interface direta do setor da construção com a cadeia produtiva fornecedora de insumos, bem minerais, e, indiretamente, através do potencial uso de materiais e processos que causem mínimo impacto na cadeia produtiva (ROCHA e CHERIAF, 2003).

Desse modo, em consonância com as exigências ambientais, o manejo dos resíduos sólidos da construção civil (RCC) é orientado através do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS, que cumpre o disposto das seguintes legislações: NBR ABNT 10004/2004 (ABNT, 2004), que estabelece a Classificação de Resíduos Sólidos; a Lei Federal nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que se trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos; Lei Estadual nº 12.932/2014 (BAHIA, 2014), Política

Estadual de Resíduos Sólidos, e pela Resolução CONAMA nº 307/2002 (CONAMA, 2002) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Portanto, a busca por um determinado tratamento para esses resíduos são ações corretivas que podem trazer benefícios, conforme estabelecido na PNRS, como a valorização dos resíduos e os inserindo novamente na cadeia produtiva, ganhos ambientais com a redução do uso dos recursos naturais, pela minimização da poluição, pelo aumento da vida útil de operação dos locais de disposição final e a geração de emprego e renda (SILVA et al., 2015).

2.4 Impactos dos Resíduos de Construção e Demolição no Ambiente e os Benefícios Ambientais da Reciclagem de Resíduos

A expressão, impacto ambiental, segundo a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 23 de setembro de 1986 é definida como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986).

Os resíduos de construção e demolição são classificados por exceção na NBR 10004 como inertes. O problema da quantidade de entulho gerada está na sua forma de depósito, já que na maioria das vezes não são destinados a locais corretos, podendo ser causador de diversos problemas sociais e ambientais. (NASCIMENTO, 2015).

Segundo Paschoalin Filho e Graudenz (2012), os resíduos de construção dispostos irregularmente poluem o solo, degradam paisagens e constituem em grave ameaça à saúde coletiva. O acúmulo destes resíduos torna-se nicho ecológico de diversas espécies de agentes patogênicos, tais como roedores, baratas, moscas, pernilongos, vírus, animais entre outros. Estes vetores biológicos podem ser responsáveis pela transmissão de doenças respiratórias, viroses, intestinais etc.

Os benefícios gerados com a correta reciclagem em depósito dos resíduos sólidos da construção civil são iminentes, como já visto, a construção civil utiliza-se muito de matéria prima na produção de seus materiais de construção, portanto, pode-se destacar como grande benefício em adesão à esse sistema sustentável um menor uso de matéria prima, tornando os materiais reciclados suficientemente capazes de substituir qualquer novo material, independente da finalidade, como exemplo, o bloco cerâmico reciclado pode ser usado novamente no levantamento de alvenarias sem qualquer problema. (NASCIMENTO, 2015).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Pesquisa

O estudo de caso consiste em uma investigação empírica, uma metodologia que abrange planejamento, técnicas de coleta de dados e análise dos mesmos (Yin, 2010). Os estudos de caso

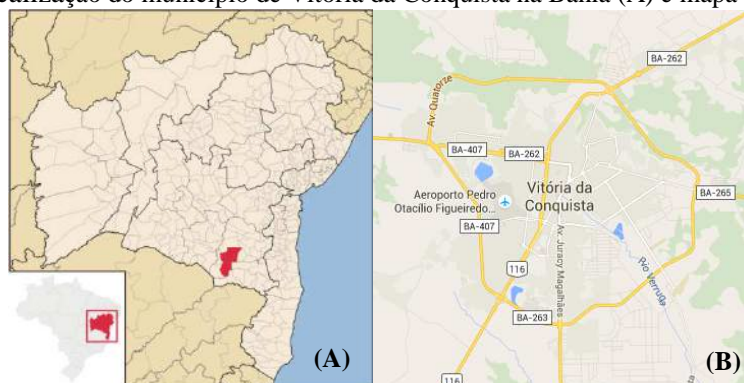
podem ser classificados, segundo Yin (2010), em explanatório ou descritivo, ou seja, em função de seu conteúdo e objetivo final; ou em relação à quantidade de casos estudados (caso único ou múltiplos).

O presente artigo trata-se de uma pesquisa exploratória, pois a partir dele se espera aumentar a familiaridade com as estratégias de planos de gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição (JACOBI, 2011). Para a condução deste trabalho, adotou-se o método de estudo de caso, pois permite o estudo de casos isolados. Trata-se do estudo de uma unidade, uma instituição, ou ainda, uma empresa (MICHEL, 2009; PEDROSO, 2016).

3.2 Delimitação do Ambiente de Estudo

O estudo foi realizado no município de Vitória da Conquista, em condomínio residencial. Esse município está localizado na região econômica do Sudoeste do estado da Bahia (Figura 1), sendo considerado como polo regional de desenvolvimento, fato observado em diversos segmentos econômicos, com destaque para a construção civil, que nos últimos anos apresentou crescimento significativo em imóveis residenciais e comerciais, além de obras de infraestrutura urbana.

Figura 1. Localização do município de Vitória da Conquista na Bahia (A) e mapa da cidade (B).



Fonte: Google maps.

Esta pesquisa teve como principal objetivo apresentar um estudo de caso acerca do manejo de resíduos sólidos da construção civil no canteiro de obras de um empreendimento imobiliário. Assim, o estudo de caso foi realizado no 1º e 2º semestre de 2016, em uma obra residencial considerada de alto padrão, em relação à etapa do processo executivo, no período correspondente, a obra encontrava-se em início de acabamento, sendo um terreno com mais de 400.000 m². Procurou-se ressaltar a importância da adoção de práticas de gestão sustentáveis no reaproveitamento e destinação ambientalmente correta destes resíduos conforme as classes de RCC preconizadas pela legislação pertinente. O universo da pesquisa foi constituído pela análise do gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil no referido empreendimento e pelo registro fotográfico das práticas implementadas, principalmente, do manejo de resíduos da Classe A.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos Gerados no Empreendimento

Os resíduos da Classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307/2002, compreendem os materiais cerâmicos, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa, concreto e solos resultantes de obras de escavação terraplanagem, que podem ser reutilizados ou reciclados na própria obra como agregados. A Figura 2 apresenta esses resíduos sólidos, gerados no empreendimento, tais como: solo escavado, concreto, argamassa e materiais cerâmicos, que foram reservados temporariamente em áreas estrategicamente definidas para coleta e reaproveitamento no próprio canteiro de obras, sob a forma de construções artísticas para valorização do ambiente.

Figura 2. Resíduos sólidos da Classe A (solo, materiais cerâmicos) segregados para reaproveitamento no próprio canteiro de obras.



Os resíduos da Classe B, segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002, são aqueles resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso. Neste sentido, os resíduos que compreendem essa classe, gerados no empreendimento imobiliário, são devidamente segregados e acondicionados temporariamente no canteiro de obras para ser encaminhado oportunamente empresas de reciclagem desses materiais. Os resíduos como plásticos, papel, madeira, papelão são encaminhados para uma empresa localizada em Vitória da Conquista-BA, devidamente licenciada para tal finalidade. As embalagens vazias de tintas imobiliárias são encaminhadas para a empresa de material de construção civil, localizada em Vitória da Conquista-BA, empresa que aplica os procedimentos de logística reversa.

O descarte do RCC pode ocorrer de diversas maneiras; ou seja, estes podem ser incorporados ou reciclados na própria obra, o que pode ser evidenciado no canteiro de obras, onde os resíduos Classe A, são reaproveitados como matéria-prima na própria obra; podem ser enviados para aterros adequados, reciclados em usinas (fixas ou móveis) ou enviados para serem reprocessados em indústrias na manufatura de novos materiais. Assim, pode-se assumir que a logística reversa na construção civil apresenta algumas peculiaridades próprias do setor.

Devido ao grande tempo de ciclo de vida na construção de condomínios residenciais é muito difícil que os materiais empregados na construção destes, após término de sua vida útil, possam retornar ao fabricante; mas é bem provável que estes sejam reciclados no próprio canteiro ou enviados para serem incorporados (ou mesmo reciclados) em outras obras, como já observado por Sassi (2008). A Figura 3 ilustra resíduos sólidos da Classe B, tais como madeiras, ferragens e papéis/papelão.

Figura 3. Resíduos sólidos da Classe B (madeiras, ferragens e papéis/papelão) segregados para destinações de reutilização/reciclagem fora do canteiro de obras.



Os resíduos da Classe C, segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002, são aqueles resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação. A referida resolução não apresenta exemplos específicos desse tipo de resíduo, mas tem-se o isopor como material considerado como sendo da Classe C. No condomínio residencial a geração de resíduo isopor é mínima tendo em vista a fase construtiva que se encontra o empreendimento. Mesmo assim, qualquer quantidade de isopor gerada é segregada, armazenada, transportada e tem sua destinação final em conformidade com as normas técnicas específicas estabelecidas no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

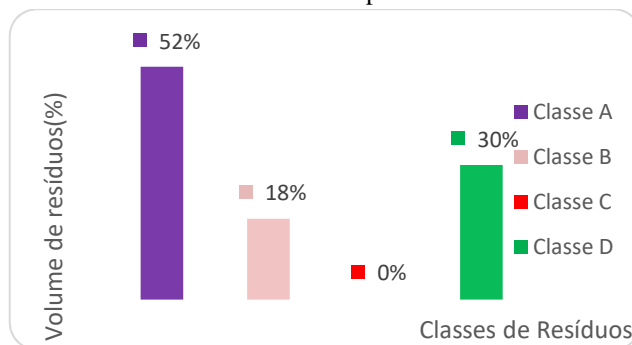
Os resíduos denominados de Classe D, conforme descreve a Resolução CONAMA nº 307/2002, são as tintas, solventes (e materiais que contenham solventes, como o primer utilizado em impermeabilizações), ferramentas ou materiais contaminados, considerados perigosos e capazes de causar riscos à saúde humana ou ao meio ambiente, se gerenciados de forma inadequada. Podem ser tóxicos, inflamáveis, reativos (capazes de causar explosões) ou patogênicos (capazes de transmitir doenças). Os resíduos dessa classe são armazenados no canteiro de obras do empreendimento imobiliário em local apropriado (Figura 4), protegidos das intempéries climáticas como luz solar, chuvas e ventos, e dotado de telhado, piso impermeável, luz e ventilação natural.

Figura 4. Resíduos sólidos da Classe D armazenados temporariamente no canteiro de obras para destinação final dos em conformidade com as normas técnicas específicas.



O volume coletado de resíduos no condomínio estudado, a cada três dias, foram cerca de 10,60 m³ referente a duas caçambas estacionária de 1,20x1,70x2,60m (Figura 5). Foi realizado a contagem destes resíduos por metro quadrado, em uma caçamba, separado por classes detectando um volume de 2,75m³ para os resíduos de Classe A, 0,95m³ para os resíduos de Classe B, não houve resíduos de Classe C e 1,59m³ para resíduos de Classe D, apresentando uma estimativa percentual do volume de resíduos produzidos conforme ilustra o gráfico abaixo.

Figura 5. Percentual de volume de resíduos produzidos referente a um contêiner.



De acordo com o gráfico, os resíduos da construção civil, constituído em sua maioria de resíduos Classe A, com alto potencial de reciclagem, pode e deve ser reaproveitado, reutilizado ou reciclado dentro do canteiro como agregados, além de promover uma maior economia obtendo vantagem competitiva no mercado e proporcionando a minimização dos volumes de resíduos no aterro, como forma de minimizar os nocivos impactos ambientais, em virtude de seu descarte inadequado.

Além dos resíduos sólidos da construção civil (Classe A, B, C e D), o PGRCC do empreendimento contempla outros resíduos porventura gerados. Para tanto, o canteiro de obras é dotado de recipientes estrategicamente localizados para permitir a separação seletiva desses para que se possa encaminhar para a destinação final apropriada. Estes recipientes são identificados por cores padronizadas para acomodar materiais recicláveis, como metais, papéis, vidros e plásticos, que são identificados respectivamente pelas cores amarela, azul, verde e vermelha (Figura 6).

Figura 6. Recipientes de coleta seletiva de demais resíduos gerados no empreendimento.



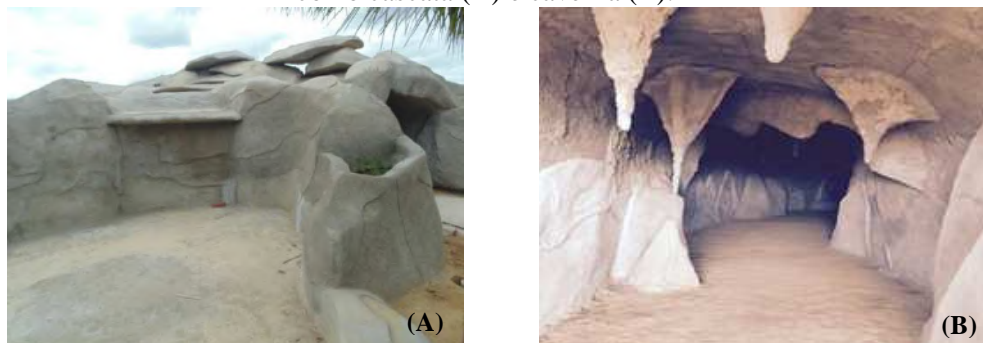
4.2 Reaproveitamento dos Resíduos Sólidos Gerados no Empreendimento

O reaproveitamento de resíduos gerados no empreendimento é feito exclusivamente com aqueles pertencentes à Classe A, que pela própria legislação pertinente, são passíveis de reutilização ou reciclagem no próprio canteiro de obras. São materiais que constituem a maior parte dos resíduos gerados na construção civil. Tal afirmação pode ser constatada *in loco* e comprovada pela literatura especializada que demonstra que os resíduos da Classe A são predominantes nas obras da construção civil (AZEVEDO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2011).

A estratégia de gerenciamento adotada pela construtora do empreendimento foi de reaproveitar estes resíduos para a confecção de obras de arte a fim de promover harmonia paisagística e valorização

do ambiente. Estas obras também vão permitir integração entre os futuros moradores, pois se constituem em obras de lazer, como túneis, cascata, caverna, bancos de praças e rochas ornamentais. Parte dessas obras características do empreendimento na fase de construção (Figura 7).

Figura 7. Reaproveitamento de resíduos da Classe A para construção de obras artísticas como cascata (A) e caverna (B).



Esta prática de reaproveitamento de resíduos da Classe A é inovadora nos empreendimentos da construção civil no município de Vitória da Conquista e demonstra o comprometimento da construtora com práticas de sustentabilidade ambiental ao passo que caracteriza o futuro condomínio residencial através de um projeto arquitetônico que prima pela preservação dos atrativos naturais e incorpora outros elementos paisagísticos.

Outro fato que se destaca como positivo é constituído pela conscientização dos colaboradores (mestres-de-obra, pedreiros e ajudantes) em práticas de gestão de resíduos sólidos da construção civil, principalmente, quanto a redução da geração, reutilização e reciclagem desses materiais. Além disso, há ganhos em qualificação/capacitação de mão-de-obra local que poderá futuramente estender suas habilidades adquiridas no reaproveitamento de RCC's em outros locais. A Figura 8 seguinte ilustra colaboradores da construtora trabalhando na confecção de obra de arte identificada como cascata.

A educação ambiental é um processo contínuo que propõe despertar a consciência do ser humano quanto aos problemas ambientais advindos das diversas atividades humanas na tentativa de propor soluções sustentáveis para a conservação e preservação dos recursos naturais. Conforme estabelecido pela Lei Federal nº 9.795/1999 (BRASIL, 1999) em seu artigo 1º “entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.” Desta maneira, a empresa construtora do empreendimento, em conformidade com o artigo 3º, inciso V desta supracitada lei, estabelece assim um processo de educação ambiental continuado e composto por ações de sensibilização, mobilização e educação socioambiental para seus colaboradores, visando atingir as metas de minimização, reutilização e segregação dos RCC's, bem como seus corretos acondicionamentos, armazenamento, transporte e destinação final adequados.

Estima-se que a quantidade de resíduos Classe A gerados e reaproveitados na obra, proveniente de terraplanagem foi de 24.000m³, sendo calculado através de caçambas com volume de 15m³. A reutilização dos resíduos deve ser incentivada pois tem todas as chances de serem reaproveitados dentro do canteiro como agregados, além de promover uma maior economia obtendo vantagem competitiva no mercado e proporcionando a minimização dos volumes de resíduos no aterro.

Figura 8. Reaproveitamento de resíduos Classe A para construção de uma cascata.



Com base no trabalho realizado, conclui-se que há viabilidade na reciclagem em canteiros de obras. No entanto, é importante ressaltar que diversos aspectos devem ser considerados para o sucesso dessa prática, a exemplo da correta segregação dos resíduos Classe A, da avaliação técnica dos agregados reciclados e da análise de desempenho dos materiais gerados com esses agregados. Dessa forma, a reciclagem em canteiros é passível de ser sistematizada, na forma de etapas e procedimentos, e que essa sistematização contribui para a ampliação dos conhecimentos técnicos e sua implantação nos canteiros de obras.

5. CONCLUSÃO

A utilização de ferramentas de gestão e manejo dos resíduos de demolição gerados pela obra em estudo conduziu um grande benefício ambiental pelo fato da destinação ser a mais adequada no nível de prioridade entre disposição em aterro e reciclagem/reutilização.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR nº 10.004:2004**. Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: 71p. 2004.

ALVES, J. C. M.; MEIRELES, M. E. F.; **Gestão de Resíduos: As Possibilidades de Construção de uma Rede Solidária entre Associações de Catadores de Materiais Recicláveis**. *Sistema & Gestão - Revista Eletrônica*, v. 8, nº 2, p. 160-170, 2013.

ARAÚJO, A. F. **A aplicação da Metodologia de Produção Mais Limpa: Estudo em uma empresa do setor de construção civil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

AZEVEDO, G.O.D. de; KIPERSTOK, A.; MORAES, L.R.S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol.11, n.1, p. 65-72, 2006.

BAHIA. **Lei Estadual nº 12.932**, de 07 de janeiro de 2014. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Salvador, BA, 08 jan. 2014.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

- BRASILPNUMA. Instituto Brasil PNUMA. **Empresas e Sustentabilidade**. 2010.
- CABRAL, A. E. B.; MOREIRA, K. M. D. V. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Sindicato da Construção-CE. Fortaleza, CE. 2011.
- CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **A produção mais limpa como um fator do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <http://www.senairs.com.br/cntl>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, 23 fev. 1986. p. 2548-2549.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 307**, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 17 jul. 2002. p.95-96.
- DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- FURTADO, J.S. **Atitude ambiental sustentável na Construção Civil: ecobuilding & produção limpa**. Disponível em: teclim.ufba.br/jsf/producao/jsf/%20gestneg_ago99.PDF. Acesso em: 13 jun. 2016.
- GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciênc. saúde coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.
- LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Curitiba, 2011. 31 p.
- LÚCIO, R. F. **Diagnóstico do Sistema de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição**. Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. 121 p.
- MATTOSINHO, C; PIONÓRIO, P. **Aplicação da Produção Mais Limpa na Construção Civil: Uma Proposta de Minimização de Resíduos na Fonte**. In: 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo, 2009.
- MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- MONTEIRO, J. H. P.; ZVEIBIL, V. Z. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- MORAES, T.M.; Núcleo de Educação do Movieco. **Cartilha Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: www.movieco.org.br. Acesso em: 06. Jun. 2017.
- MOTA, A. E. A. S.; PINHEIRO, R. F.; SANTOS, T. M.; MELO, A. C. S.; NUNES, D. R. L. Desafios e oportunidades da Logística Reversa no contexto do Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 10, nº 4, p. 55-67, 2015.
- NASCIMENTO, L.; LEMOS, A; MELLO, M. **Gestão Socioambiental Estratégica**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- NETO, T. J. P. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: Os Reflexos nas Cooperativas de Catadores e a Logística Reversa. **Revista Diálogo**, v. 18, p. 77-96, 2011.

OLIVEIRA, M.E.D. de; SALES, R.J. de M.; OLIVEIRA, L.A.S. de; CABRAL, A.E.B. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.3, p.219-224, 2011.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; DUARTE, E. B. L. Viabilidade Econômica da Utilização de Resíduos de Demolição Reciclados na Execução do Contra piso de um Edifício Localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo. **Revista em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 928-943, 2014.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; GRAUDENZ, G. S. Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCC) e seus impactos na saúde coletiva. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 127-142, 2012.

PEDROSO, V. P. **Estudo comparativo de uma edificação utilizando sistema s estrutura is em concreto armado e estrutura metálica**: estudo de caso. 2016. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016.

PERES, Z.M.D.L. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo: ererts2Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, 2012.

ROCHA, J. C.; CHERIAF, M.; **Aproveitamento de resíduos na construção**. Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. Coletânea Habitare, cap. 3, v. 4, p.72- 93 Porto Alegre, 2003, 272p.

SILVA, E. R.; CARMO, E. C. L.; GONÇALVES, P.; BENTO, R. F. P.; MATTOS, U. A. O. **Planejamento participativo para a implantação da coleta seletiva solidária no estado do Rio de Janeiro**, RJ: Ações e resultados. In. VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2010.

SILVA, O. H.; UMADA, M. K.; POLASTRI, P.; NETO, G. A.; ANGELIS, B. L. D.; MIOTTO, J. L. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, p. 39-48, 2015.

Yin, R. (5ª Ed.) Porto Alegre: Bookman, 2010.

6.3 COMPARATIVO DE CONSUMO ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ARGAMASSA: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO VERTICAL

PESSOA, Rodrigo Gabriel A. de Q.

Universidade de Pernambuco/UPE

rodrigo.gaqp@gmail.com

KOHLMAN RABBANI, Emilia Rahnemay

Universidade de Pernambuco/UPE

emilia.rabbani@upe.br

COSTA E SILVA, Ângelo Just

Universidade de Pernambuco/UPE

angelo@tecomat.com.br

RESUMO

O setor da construção é responsável pelo desenvolvimento econômico do país, porém é o setor que mais explora recursos naturais. Neste contexto, este artigo objetiva analisar três sistemas de produção de argamassa com o intuito de comparar as perdas ocasionadas por consumo exagerado para o serviço de contrapiso em uma edificação de múltiplos pavimentos. Para isso, foram executados três pavimentos tipos para cada sistema em um edifício da RMR e em seguida calculou-se as perdas de cada mistura em relação a quantidade teórica de volume. Verificou-se que a argamassa industrializada possui a menor perda (2,50%), seguido pela dosada em central (16,93%) e por último a rodada em obra (30,07%). Constatou-se também que o sistema mais econômico é o da argamassa dosada em central e o mais caro é a industrializada. Para a empresa estudada sugere-se o uso de argamassa dosada em central, contudo, propõe-se verificar alternativas para redução de perdas.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos Ambientais, Recursos Naturais, Contrapiso.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é reconhecido como um importante setor da sociedade, responsável por geração de empregos e desenvolvimento econômico do país, porém, em contrapartida, é o setor responsável por colaborar negativamente na intensa utilização de recursos naturais e também na geração de resíduos sólidos (PINTO, 2005).

Kohlman Rabbani et al. (2013) ainda afirma que, para que o Brasil seja um país mais sustentável do ponto de vista ambiental, o setor da construção civil precisará realizar mudanças nos atuais paradigmas de trabalho. Os processos construtivos da indústria da construção civil ainda são bastante ineficientes em garantir um uso mais racional de seus materiais nos canteiros de obras. O consumo desnecessário de material resulta numa elevada produção de resíduos, reduz a disponibilidade de matérias-primas e energia e causa uma demanda desnecessária no sistema de transporte (CARNEIRO, 2005).

Devido à falta de desenvolvimento de novas tecnologias e por ter uma característica artesanal, o setor da construção civil possui níveis de perdas bastante elevadas. Para combater isto, é de extrema importância o uso correto dos materiais, para com isso reduzir os desperdícios gerados no canteiro de obras, e, por consequência, colaborar para a redução da exploração dos recursos naturais (SILVA et al. 2015). Cabe aos gestores e responsáveis identificarem possíveis oportunidades para redução de desperdícios, através de revisões dos procedimentos e práticas executadas no canteiro de obras. Essa revisão nos hábitos possibilita outros interesses da própria empresa, além do compromisso ambiental, como a própria redução de custos dos serviços e efetividade do processo.

Para amenizar o impacto desses resíduos no meio ambiente, ações vêm sendo implementadas nas várias etapas do empreendimento de construção civil, como as políticas de coleta seletiva dos resíduos gerados, visando à sua reciclagem. No entanto, embora seja muito importante dar uma destinação adequada aos resíduos gerados, as ações que visem à sua redução diretamente na fonte de geração, ou seja, nos próprios canteiros de obras tornam-se essenciais, que, somadas às ações de adequar a destinação desses resíduos, podem contribuir significativamente para a redução do impacto ambiental causado pelo setor (SOUZA et al. 2004).

Neste contexto, este artigo objetiva realizar uma análise quantitativa do material excedente utilizado para execução de serviço em obra, mais especificamente em relação ao consumo de materiais e da geração de resíduos na fonte, ou seja, nos serviços realizados no canteiro de obras. Na medida em que apresenta uma análise comparativa de perdas entre três sistemas de produção de argamassa para o serviço de contrapiso interno em uma obra de um edifício residencial localizada no bairro de Boa Viagem em Recife/PE. Além de executar uma análise econômica para os três sistemas de produção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Campos (2012), todo produto, de alguma forma, causa no meio ambiente um impacto que pode ocorrer tanto durante a extração das matérias-primas, quanto no processo de fabricação, na distribuição, no seu uso; ou, também, na sua disposição final.

A indústria da construção civil, normalmente, produz, os objetos de maiores dimensões físicas do planeta e, conseqüentemente, o volume de recursos consumidos por ela consumidos é bastante elevado. Com muita quantidade de recursos aplicados, acarretará numa grande quantidade de resíduos gerados, especialmente durante as etapas de construção e demolição (DEGANI & CARDOSO, 2002). Para Sjöström (2000), esse setor consome aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais e gera 40% dos resíduos produzidos por todo o conjunto de atividades humanas.

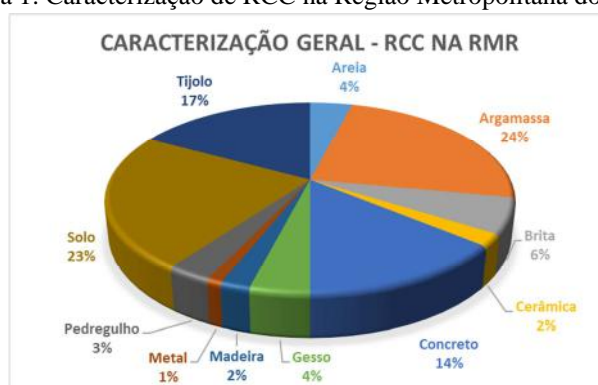
O problema real não é saber que a construção consome uma grande parcela de materiais extraídos da natureza, o problema é ignorar essas circunstâncias e como ela é prejudicial para o planeta. Isso reflete a falta de consciência a respeito da limitação dos recursos naturais. É essencial reconhecer a escassez dos recursos naturais não renováveis para poder preservá-los, recorrendo a materiais, ou práticas, que promovam menores impactos ambientais, reduzindo o consumo exagerado de material, e também a geração de resíduos.

Para Souza et al. (2004), os resíduos de construção representam uma das parcelas do excesso de consumo de materiais do canteiro de obras. A perda material é determinada ao se comparar a quantidade de material necessário em teoria e a quantidade de material realmente utilizado. A necessidade de material sobressalente pode ter origem pelos seguintes motivos: furto, perda incorporada na edificação e entulho.

Para Lima (2013), a geração de resíduos sólidos tem uma ligação direta com os problemas ambientais, os quais estão profundamente relacionados com a deterioração de recursos naturais, comprometendo dessa forma a estabilidade dos ecossistemas.

No quesito de geração de resíduos, as argamassas possuem os valores mais preocupantes segundo o estudo de Carneiro et al. 2004. Nessa pesquisa foi apresentada informações a respeito dos resíduos da construção civil mapeando 163 pontos de deposição espalhados nas cidades de Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, e coletando amostras em canteiros de obras para caracterização dos resíduos gerados na região metropolitana do Recife (RMR), ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Caracterização de RCC na Região Metropolitana do Recife



Fonte: Adaptado de CARNEIRO et al. 2004

Observa-se que a maior parcela do resíduo é originada das argamassas, chegando a 24% do total gerado. Segundo a autora, essa parcela de resíduos originado por argamassas ainda aumenta em obras nas fases de alvenaria e acabamento, chegando a 30% e 52% respectivamente. Constatando que as argamassas é o principal gerador de resíduos sólidos na construção civil na cidade do Recife.

Legislações como a Resolução CONAMA nº 307/2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida por meio do Decreto nº 7.404/2010 que regulamenta a Lei nº 12.305/2010, determinam que os geradores devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades decorrentes da construção civil, objetivando, assim, a diminuição dos impactos causados ao meio ambiente e à saúde humana.

Do ponto de vista de exploração de matérias primas, o estudo de John (2000) fornece uma noção dos valores dos recursos naturais consumidos pelo setor da construção civil, são 14% a 50% de todos os recursos naturais extraídos, dependendo do país. Segundo o autor, o Brasil ainda estão escassas as estimativas, porém considerando o traço médio de 1:6 em massa na sua mistura com agregado, pode-se estimar um consumo anual de 210 milhões de toneladas de agregados, somente na produção de concretos e argamassas.

Além de produzir a maior parcela dos resíduos sólidos da cidade do Recife, os materiais constituintes das argamassas geram por si só grandes impactos ambientais. Segundo o SNIC (Sindicato Nacional da Indústria de Cimento) a fabricação de 1 Kg de cimento emite mais de 600 gramas de CO₂ na atmosfera devido ao processo de descarbonificação das matérias primas e devido ao consumo de energia necessário para chegar a temperaturas de até 1450 °C no seu processo de fabricação. Acredita-se que a indústria do cimento é responsável por aproximadamente 5% do CO₂ emitido pelo homem. (SNIC, 2013).

Além dos impactos ambientais a nível global, a pesquisa de Mary & Blumenschein (2012) indica como o processo produtivo do cimento tem sido apontado como gerador de impactos tanto ambientais, como sociais. Impactos relacionados com as comunidades no entorno das fábricas, tanto por gerarem problemas no meio natural como por questões relacionadas à saúde humana, tais como: contaminações no ar, na água ou no solo.

Outro material componente da argamassa são os agregados, nesse caso a areia. A pesquisa de Santo (2015) enumera, de forma geral, os impactos ambientais decorrentes da mineração de agregados para construção civil, em particular as areias, nos seguintes itens: Alterações dos cursos d'água; destruição de áreas de preservação permanente; destruição da flora e fauna; perda de cobertura vegetal, o que intensifica os processos erosivos e de lixiviação, compactação dos solos devido à presença de maquinário pesado para o transporte do material, entre outros.

Como possíveis soluções para redução dos impactos das argamassas e, conseqüentemente na extração dessas duas matérias primas, Oliveira (2006) aponta as vantagens de se utilizar a argamassa industrializada, pois além de atender melhor os requisitos técnicos ela apresenta menor desperdício e maior rendimento. Ideal para construtoras que entendem o quanto é importante o controle tecnológico dos produtos juntamente com a redução dos impactos ambientais dos produtos que usam em suas obras.

Segundo Silva (2008), há uma ideia de que os custos de utilização da argamassa industrializada são superiores aos seus gastos com a argamassa rodada na obra. Mas, verificando os critérios adotados para este cálculo, percebe-se que estes avaliam apenas o gasto com materiais, excluindo, portanto, valores de mão-de-obra e desperdícios de matéria-prima que ocorrem dentro do canteiro de obras.

Além dos impactos imediatos apresentados anteriormente, há o risco de escassez e extinção de fontes e jazidas à longo prazo, podendo causar destruição, irreversível, da flora e fauna no entorno destes locais de exploração (DEGANI; CARDOSO, 2002).

3. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em uma obra de edifício residencial em regime de condomínio, localizada no bairro de Boa Viagem na cidade do Recife. A construção, com 36 pavimentos tipos, teve início em maio de 2014 com previsão de conclusão para o mês de outubro de 2018. Devido a utilização desse método em outras obras da empresa, iniciou-se o serviço de contrapiso interno utilizando o sistema de produção de argamassa industrializada em sacos. Em seguida, houve um estudo comparativo econômico realizado no próprio canteiro de obras que consolidou a utilização da argamassa dosada em obra para o mesmo serviço. Apenas posteriormente, foi definido a utilização de argamassa dosada em central devido as experiências satisfatórias que outros empreendimentos tiveram.

A construtora estudada é de grande porte e possui um sistema de gestão integrada com os certificados internacionais de qualidade, saúde e segurança e meio ambiente – ISO 9001 (2008), OHSAS 18001 e ISO 14001. Foram analisados os processos de produção de argamassa para o serviço de contrapiso. Foram observadas as misturas de argamassas: rodada em obra, industrializada em sacos e a dosada em central. Para isso, foram executados 03 pavimentos tipos de contrapiso, cada pavimento executado foi utilizado um sistema de produção de argamassa diferente e em seguida calculou-se as perdas de cada tipo de mistura em relação a quantidade teórica. Um pavimento tipo possuía uma área de 359,15 m² de contrapiso com espessura média de 2,5 cm (Figura).

Figura 2. Execução de contrapiso cimentado.



Fonte: Autores

Com o objetivo de facilitar a produção de argamassa para o betoneiro, o traço validado é misto, ou seja, os aglomerantes são dosados em massa (sacos de cimento e cal) e os agregados são dosados em volume (dosadas em padiolas de 18l). Para a argamassa de emboço produzida em canteiro o traço utilizado é de 1 saco de cimento (50 Kg); 1,5 saco de cal (30 Kg); 18 latas de areia (324 l). Para a argamassa de contrapiso é utilizada uma dosagem de 1 saco de cimento (50 Kg); 8 latas de areia (144l). No caso das argamassas industrializadas de contrapiso e emboço utilizadas são de um mesmo

fabricante já consolidado no mercado. E a argamassa dosada em central é fornecida por uma usina especializada em fabricar concreto e argamassas.

Todos os traços foram submetidos a testes de arrancamento realizados por um laboratório especializado, com objetivo de verificar o atendimento aos critérios mínimos de resistência à tração exigidos pelas normas técnicas NBR 13528:2010 e NBR 13753:1996. O indicador para a perda de argamassa foi calculado pela Equação 1:

$$P (\%) = \frac{(V_{real} - V_{teórico}) \times 100}{V_{teórico}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

P = Perda da argamassa (%);

V_{real} = Volume real aplicado (m³);

V_{teórico} = Volume teórico de projeto (m³).

Para levantar com mais precisão volume real executado em cada traço rodado na betoneira foi confeccionado um caixote de madeira, conforme Figura, com as dimensões de 1 m x 1 m x 1 m para medir o volume real traços após a mistura.

Figura 3. Caixote para verificação de volume dos traços



Fonte: Autores

Após cada mistura realizada na betoneira a argamassa obtida era despejada completamente dentro do caixote, e através do volume vazio e o volume da caixa, era calculado o volume ocupado pela argamassa. Esse processo era repetido em cinco misturas da betoneira do mesmo traço para apontar para possíveis variações de volume na fabricação. O valor utilizado para o cálculo do volume real, é a média do volume aferido nas cinco misturas multiplicado pela quantidade de misturas executadas no pavimento.

Este processo foi apenas utilizado para aferição dos volumes da argamassa rodada em obra e a argamassa industrializada em sacos. O volume da argamassa dosada em central era obtido através da quantidade média solicitada pela obra para execução de um pavimento tipo.

Também foi executado um levantamento de custos que cada um dos sistemas de produção gerou para executar uma mesma quantidade de serviço. Dos custos analisados entram os diretos obtidos com materiais como cimento, cal e areia; os custos indiretos como frete e transporte dos materiais. Sendo

considerado também o custo com a mão de obra utilizada, a relação de profissional/servente em cada um dos sistemas, e o custo com mão de obra indireta como betoneiro, servente para peneiramento de areia e servente de logística.

As perdas encontradas neste artigo são as somas das parcelas de entulho e a incorporação dos materiais utilizados no serviço. Estas parcelas são as que causam impactos ambientais, seja pela geração de resíduos sólidos no caso do entulho, ou pelo consumo desnecessário dos recursos naturais causados pela perda incorporada do serviço.

A equipe principal, composto por dois pedreiros e um servente, executou os três cenários propostos para análise utilizando um sistema de produção de argamassa por pavimento. A equipe de apoio foi ajustada de acordo com cada tipo de sistema de mistura. Na argamassa dosada em obra, por exemplo, a equipe de apoio foi composta por 1 betoneiro e um servente para peneiramento da areia, para a argamassa industrializada em sacos, a equipe de apoio foi composta apenas pelo betoneiro, e por último, no sistema de argamassa dosada em central, toda a equipe de apoio foi dispensada sendo necessário apenas a equipe principal para executar o pavimento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para levantar o consumo de argamassas, foi preciso primeiramente calcular o volume do traço após a mistura. Para isso, utilizou-se o caixote evidenciado na Figura. Foram realizadas 5 misturas utilizando o traço de argamassa de contrapiso rodado em obra e encontrou-se uma altura média de 16 cm dentro de um caixote que possui 1 m² de área no fundo, totalizando um volume médio de 0,16 m³ para cada mistura do traço na betoneira.

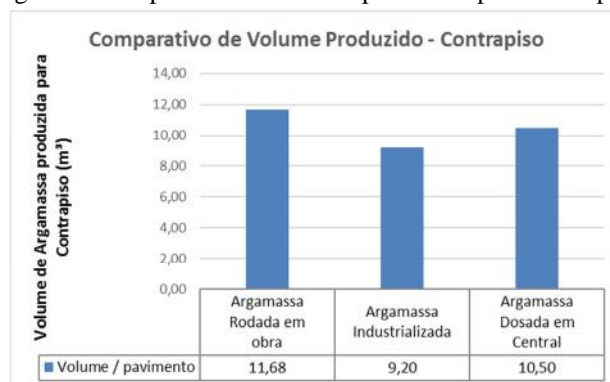
Através de uma planilha de controle de traços, foi contabilizado a quantidade de mistura executadas para realização de um pavimento completo de contrapiso. Ao final do serviço, chegou-se ao número de 73 misturas na betoneira para execução do pavimento. Como o volume para cada mistura foi de 0,16 m³, o volume total foi de 11,68 m³ de argamassa rodada em obra para execução de um pavimento completo.

Para a argamassa de contrapiso industrializada em sacos, foi executada a mesma metodologia do sistema anterior, e calculou-se um valor médio de 0,23 m³ de argamassa para cada mistura na betoneira. Para executar o pavimento inteiro realizou-se 40 misturas na betoneira, completando 9,20 m³ de volume total de argamassa industrializada em sacos para executar um pavimento completo.

Para comparação foi analisado o terceiro sistema de produção que é o da argamassa dosada em central, nesta argamassa o traço é executado na usina e argamassa já chega na obra mistura pronta para execução. Foram utilizados 10,5 m³ para execução do pavimento tipo completo, esse valor já está incluso as faixas de mestras executadas para execução do contrapiso.

A Figura apresenta graficamente os valores de volume de argamassa de contrapiso produzido em cada um dos sistemas estudados, verificou-se, que para a mesma quantidade de serviço, o sistema de produção de argamassa rodada em obra foi o que produziu mais argamassa, seguido pela argamassa dosada em central e por último a argamassa industrializada em sacos.

Figura 4. Comparativo de volume produzido para contrapiso



Fonte: Autores

Como a média do mapeamento de espessura do contrapiso nos três casos foi bastante parecida, não houve correção no cálculo de perdas de sobre-espessura na comparação entre os três sistemas. Fatores inerentes aos tipos de argamassas como a densidade após a mistura, inconstância de volumes, volume de vazios, teor de ar incorporado e retração são determinantes para que haja uma variação no volume entre os três sistemas. Além das perdas ocasionadas pela geração de resíduos das argamassas que possuem um menor controle granulométrico dos seus agregados impossibilitando a trabalhabilidade na hora da execução.

Vale salientar que para a argamassa dosada em central a quantidade solicitada pela obra é um pouco superior ao que realmente é necessário. Isso ocorre para que não haja falta de material durante a execução do serviço, garantindo a sua terminalidade. Além disso, foram verificadas perdas durante o processo logístico no momento de transferência da argamassa para os recipientes que são levados ao pavimento, e também após a utilização do material com restos de argamassas deixados nesses mesmos recipientes.

A partir do quantitativo apresentado na Figura , junto com o quantitativo do pavimento e informações da carta de traço da central dosadora de argamassa, foi possível definir indicadores de consumo de material para os sistemas de produção de argamassa, indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de consumo de argamassa

Serviço	Argamassa rodada em obra		Argamassa Industrializada	Argamassa Dosada em Central	
	Cimento (kg/m ²)	Areia (m ³ /m ²)	Argamassa ensacada (m ³ /m ²)	Cimento (kg/m ²)	Areia (m ³ /m ²)
Contrapiso	10,10	0,029	0,026	8,19	0,028

Como valor de referência, tem-se o trabalho de Nunes (2014) que analisou, indicadores e custos reais de sistemas de produção de argamassa de uma obra localizada no bairro da Tijuca no Rio de Janeiro, a obra é composta por cinco blocos com pavimentos de subsolo, térreo e 3 tipos. Neste trabalho foram encontrados indicadores de consumo, para argamassa dosada em obra, com 12,10 kg/m³ para o cimento e 0,069 m³/m² para a areia no serviço de contrapiso. Em ambos os casos o valor encontrado neste artigo foi inferior ao trabalho de Nunes (2014)

O indicador de referência para consumo da argamassa industrializada foi retirado da Tabela de Composições de Preços TCPO ed. 14 (2012), onde encontrou-se um consumo de 0,030 m³/m² de argamassa, também um valor superior ao indicador encontrado neste artigo.

Através da Tabela 1 é possível observar que o consumo dos principais insumos da argamassa, como cimento e areia, segue a mesma sequência do consumo de volume de cada sistema. Sendo a argamassa dosada em obra a que mais consome, seguido pela dosada em central e por último a argamassa industrializada.

De todo modo, considerando os volumes de consumo das argamassas constantes nos restantes dos pavimentos, pode-se afirmar que ao se utilizar a argamassa industrializada em sacos, no serviço de contrapiso, o volume de material diminui em 21% comparando-se com a argamassa rodada em obra, e 12%, se comparada com a dosada em central.

Considerando o volume teórico do pavimento de 8,98 m³, referente aos 359,15 m² com 2,5 cm de espessura, e aplicando-se junto aos resultados encontrados na equação (A), chega-se aos valores apresentados na Tabela .

Tabela 2. Percentual de perdas de argamassas no contrapiso

Serviço	Argamassa rodada em obra	Argamassa Industrializada	Argamassa Dosada em Central
Contrapiso	30,07 %	2,50 %	16,93 %

Pôde-se constatar que a variação entre os sistemas de produção de argamassas foi bastante elevado. Sendo a que menos possui perdas é a argamassa industrializada em sacos, seguido pela argamassa dosada em central e por último a argamassa rodada em obra, que possui o maior percentual de perdas entre todas. Nesse caso as perdas encontradas são a soma das parcelas da perda incorporada e o resíduo gerado.

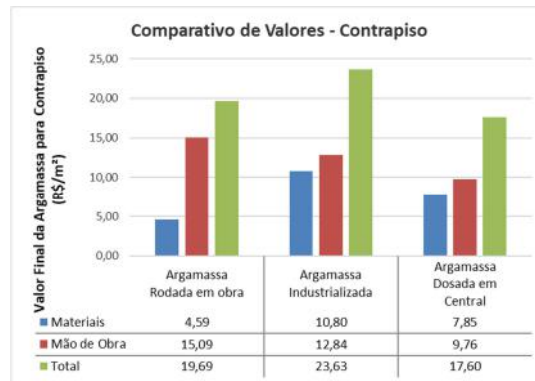
Os valores de referência utilizados para comparação de resultados, foram: Mutti et al. (1999) – pesquisa realizada em várias empresas de diferentes portes na cidade Florianópolis/SC, foram analisadas as perdas de argamassas em 1.548,59 m² de contrapiso variando entre 0,67% e 3,50%; Agopyan et al. (1998) – pesquisa realizada em 7 obras diferentes com perdas de argamassa industrializada no serviço de contrapiso variando entre 36% e 47%; Lordsleem Jr. e Silva (2016) – pesquisa que analisa as perdas com produção de argamassa industrializada no serviço de revestimento de fachada, as perdas variam de 41,81% a 97,83%; Lordsleem Jr. e Pinho (2015) – analisa as perdas de argamassa industrializada para o serviço de elevação de alvenaria e encontrou um amplo intervalo que varia de 12,34% a 429,29% devido à diferentes valores de consumo teórico.

Verifica-se que o percentual de perda encontrado para a argamassa industrializada em sacos está dentro do intervalo de valores encontrado por Mutti et al. (1999) e foi bastante inferior aos resultados encontrados nas demais pesquisas analisadas. No entanto, mesmo que não seja recomendável comparar valores de diferentes sistemas de produção de argamassas e também de serviços distintos apresentados nas pesquisas de referência, valer apontar que estes outros tipos de produção (dosada em central e dosada em obra), apresentam valores inferiores às pesquisas de Agopyan et.al (1998) e Lordsleem Jr. e Silva (2016) e valores dentro do extenso intervalo encontrado no estudo de Lordsleem Jr. e Pinho (2015).

Essa variação dos dados entre as pesquisas é reflexo das particularidades de cada empreendimento, empresa, região de estudo, diferentes valores teóricos de consumo e também diferentes serviços.

Do ponto de vista econômico, considerando os custos dos insumos com frete incluso e o custo da mão de obra com os encargos embutidos, chegou-se ao resultado que a argamassa mais econômica é argamassa dosada em central, conforme ilustrado na Figura .

Figura 6. Gráfico comparativo econômico das argamassas para contrapiso.

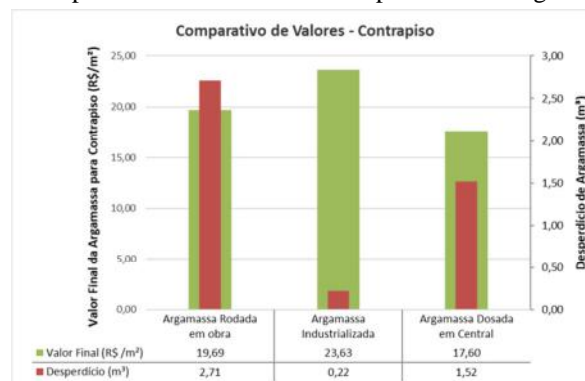


Fonte: Autores

Mesmo com maior desperdício de material pela argamassa tradicional, o gráfico da Figura indica que as despesas com material desse sistema são inferiores a qualquer outro, seguindo pela argamassa dosada em central e por último a industrializada. Os custos com a mão de obra o sistema de argamassa dosada em central é o mais econômico por não precisar mão de obra para produção, em seguida está a argamassa rodada em obra e por último a industrializada. Por fim, a argamassa dosada em central obteve o menor gasto para execução do pavimento tipo, sendo seguido pela argamassa rodada em obra e por último a industrializada em sacos.

Visando analisar uma relação entre valor final do sistema com o seu desperdício gerado, foi elaborado o gráfico da Figura .

Figura 7. Gráfico de comparativo econômico e de desperdício das argamassas para contrapiso.



Fonte: Autores

É possível verificar que mesmo que a argamassa industrializada em sacos possua uma menor quantidade de desperdício, o seu alto valor de aplicação pode dificultar a sua escolha para aplicação. Já a argamassa dosada em obra que embora possua o segundo melhor preço, gera um desperdício superior aos outros sistemas devido a sua falta de homogeneidade nos agregados e no preparo. Já a argamassa dosada em central que possui o menor valor final de aplicação gera um desperdício superior ao da argamassa ensacada e inferior ao da argamassa rodada em obra, porém esse desperdício pode ser minimizado facilmente através da otimização do transporte do material pela obra, e também pela redução da quantidade solicitada a central dosadora.

O custo para destinação correta, tratamento e reciclagem dos resíduos, neste caso em questão, não será significativa em relação ao custo total do pavimento, pois se considerarmos o volume excedente de cada sistema de produção em relação ao volume teórico como resíduo gerado, serão acrescentados apenas os seguintes valores por metro quadrado executado: R\$ 0,49 para a argamassa rodada em obra, R\$ 0,04 para argamassa industrializada em sacos e R\$ 0,28 para a argamassa dosada em central. Isso considerando os valores praticados pela obra do estudo de caso que executou o tratamento dos resíduos à R\$ 32,00/m³ e o aluguel da caçamba estacionária de capacidade para 6 m³ à R\$ 200,00. Nenhum desses valores foi determinante para mudança na escolha do sistema de produção que será utilizado.

Por esse motivo, o sistema de produção escolhido pela empresa construtora foi o da argamassa dosada em central, pois apesar da industrializada apresentar menor perda os custos ainda não justificam a troca pela industrializada, no entanto, é possível verificar alternativas para a redução de perdas para o uso da argamassa dosada e central a fim de potencializar seus benefícios ambientais.

Dentre as limitações desse trabalho está a problemática da particularidade da pesquisa, pois há vários cenários que poderiam influenciar nos resultados encontrados. Certas condições como o tamanho da empresa e seu poder de compra podem impossibilitar a utilização de certos tipos de argamassa que seriam inviáveis financeiramente. Isso além das características da obra, dos funcionários e da região que influenciam os diversos parâmetros analisados, e o fato da pesquisa ter sido realizada em apenas uma obra aumenta mais ainda a especificidade do cenário.

Alguns elementos não foram considerados no trabalho como as perdas de materiais das argamassas misturadas em obra na hora do transporte. As argamassas que possuem maior quantidade de insumos separados, como a argamassa rodada em obra, tendem a ter uma perda maior de material antes da utilização devido a dificuldades com a logística e controle do almoxarifado. Outra questão não analisada foram as proporções dos materiais de cimento e areia da argamassa industrializada em sacos para chegar a um índice de consumo por insumo desse sistema. Além disso, não foram consideradas os impactos ambientais dos aditivos utilizados para a argamassa dosada em central.

Por fim, é importante salientar que há alternativas mais sustentáveis na hora de escolher o sistema de produção de argamassa a ser utilizado em obra, ou na fase de projeto. Mesmo que a alternativa encontrada não seja a mais econômica inicialmente, devido ao preço dos insumos, existem outros fatores que podem ser levados em consideração, e um deles é a sustentabilidade ambiental e social, de modo que possa proporcionar um cenário mais favorável para a empresa.

5. CONCLUSÕES

Depois de comparar três sistemas de produção de argamassa, concluiu-se que, do ponto de vista da extração de recursos naturais, o que causa menor impacto ambiental é a argamassa industrializada em sacos, seguido pela dosada em central e por última a dosada em obra. Esta última podendo ter uma redução potencial no desperdício de material. Do ponto de vista econômico, o mais viável é a utilização de argamassa dosada em central, seguida pela rodada em obra e por último a argamassa industrializada em saco. Porém, esse resultado pode variar de acordo com os diversos cenários possíveis que norteiam o valor final de produção da argamassa, como o tamanho da empresa e seu poder de compra junto aos fornecedores por exemplo.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, José Carlos; ANDRADE, A. C. **Alternativas Para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 5.
- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**. In: Formoso, C. T; Ino, A. (Org.). Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento Habitacional. Porto Alegre: ANTAC, 2003, v. 2, p. 224-249.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.
- _____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.
- CAMPOS, F. H. A. **Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil: Um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da UFMG. 2012.
- CARNEIRO, F. P.; MELO, A. B.; BARKOKÉBAS JR., B.; GUSMÃO, A. D.; SOUZA, P. C. M. **Os Resíduos da Construção Civil na Cidade do Recife**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. ENEGEP 2004. Florianópolis: UFSC, 2004.
- CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da UFPB. 2005.
- DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. **A Sustentabilidade ao Longo do Ciclo de Vida de Edifícios: A Importância da Etapa de Projeto Arquitetônico**. In: NUTAU 2002 Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, 2002, São Paulo. NUTAU 2002.
- JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP.
- KOHLMAN RABBANI, E. R.; JALALI, S.; AREZES, P. M.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B.; RABBANI, S. R. **Segurança do trabalho no contexto da construção sustentável**: uma visão geral. 1ª. ed. Recife: EDUPE, 2013. v. 1. 124p.
- LORDSLEEM JR., A.C.; SILVA, A.C. Medição de perda e produtividade de argamassa industrializada no serviço de revestimento de fachada. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, p. 248-251, 2016.

LORDSLEEM JR., A.C.; PINHO, S.A.C. **Medição de desperdícios na construção de edifícios: concretagem, alvenaria e revestimento**. 1. ed. Recife: EDUPE, 2015. v. 1. 96p.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**. Sustentabilidade em Debate, v. 3, p. 75-96, 2012.

MUTTI, C. N.; LIBRELOTTO, L. I.; OLLIVEIRA, P. V. H.; BAIOTTO, A. C. **Redução do Desperdício em Canteiros de Obra**: Um Estudo para a Grande Florianópolis. In: 19 Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1999, Rio de Janeiro. Anais ENEGEP 99, 1999.

NUNES, D. G. **Estudo de Caso para Comparativo entre Uso de Argamassa Produzida em Obra e Argamassa Ensacada**. (Monografia). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2014.

OLIVEIRA, F. A. L. **Argamassa industrializada: vantagens e desvantagens**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

PINTO, T. P. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil**: a experiência do SindusCon (SP). São Paulo: SindusCon, 2005.

SANTOS, A. **Extração mineral de areias e seus impactos na territorialidade socioambiental**: o caso de Feira de Santana - BA. In: VII Seminário Internacional Dinâmica Territorial e Desenvolvimento Sustentável: "Terra em Transe", 2015, Bahia.

SILVA, D. S. **Estudo comparativo dos métodos de produção de argamassas de revestimento utilizados em obras do município de tubarão**. 2008. (Monografia). Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2008.

SILVA, G. A.; NANNI, G.; CARNIATTO, I.; HENNRICH, E. J.; LIMA, J. R. Reduzindo Perdas Oriundas do Armazenamento e no Manuseio de Materiais na Construção Civil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, p. 1, 2015.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. **Relatório Anual 2013**.

SJÖSTRÖM, C. **Durability of Building Materials and Components**. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. 23-24 de novembro de 2000. São Paulo, 2000.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, v. 4, p. 33-46, 2004.

6.4 UTILIZAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS NO BRASIL

GOUVEIA, Rafaela Julia de Lira

Universidade Federal Rural de Pernambuco
rafaelajulia20@hotmail.com

OLIVEIRA, Laís. R. Galdino

Universidade Federal de Pernambuco
laisgaldino@gmail.com

RESUMO

A economia sustentável ainda é um dos grandes desafios da atualidade no Brasil. Processos tecnológicos de manejo, tratamento e destinação desses resíduos foram implantados nas últimas décadas no país, porém a luta ainda é considerada árdua. Foi realizada uma pesquisa com o objetivo de analisar como estão sendo utilizados e destinados os resíduos sólidos oriundos das atividades agropecuárias. A Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305/2010, traça diretrizes para a gestão adequada dos resíduos no país e introduz o conceito de responsabilidade compartilhada. Foi utilizada a exploração da vasta utilidade dos esterco bovinos, suínos e caprinos do Brasil, as diferentes formas de destinação desses resíduos orgânicos e a melhor e mais usada forma de tratamento do mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Economia Sustentável, Atividades Agropecuárias

1. INTRODUÇÃO

Silva (2001) avaliou que desde os primórdios da humanidade, a história dos resíduos sólidos aparece como um subproduto das atividades dos homens. Desde então, a sua composição físico-química tem variado de acordo com a evolução cultural e tecnológica da civilização.

A falta de capital (principalmente para o pequeno e médio produtor rural), conhecimento técnico e capacitações dos serviços de mão-de-obra foram um dos fatores que limitou muitos frigoríficos, abatedouros e produtores rurais a se arriscarem em atividades que fugiriam da sua área de atuação. Porém, em vista dos impactos causados, foi então validada no ano de 2011, um marco regulatório de reaproveitamento desses resíduos sólidos criado pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos que visou a diminuição dos impactos ambientais e preservação do meio ambiente, obrigando-os a tratar esses dejetos orgânicos e destiná-los para o seu reaproveitamento.

Logo, no que abrangeu-se a agropecuária, os rumos de principal destinação desses esterco, inclinou-se para a utilização nos biodigestores. Foi então melhor divulgado a existência desses aparelhos; em contrapartida, eles já haviam sido implantados desde 1970 no Brasil.

O uso de biodigestores nos sistemas de produção animal é visto como uma ferramenta importante, pois estes promovem o tratamento do resíduo e retornam parte da energia que seria perdida, de volta ao sistema produtivo, através da queima do gás (SILVA, 2005 p.608 apud ORRICO, 2007).

A utilização de biodigestores foi ganhando espaço na área agrícola onde trouxe vantagens ao produtor rural como por exemplo o aumento da disponibilidade de combustível e uma nova fonte de renda. Esses esterco quando destinados ao uso de forma correta deixam de ser agressivos ao meio ambiente e passam a colaborar para a preservação do mesmo, somando em valores para produção de atividades agrícola sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

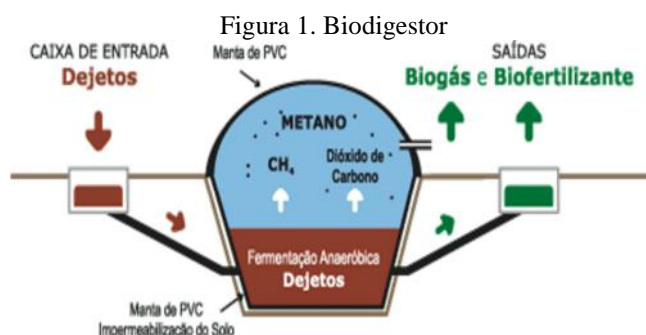
2.1 Economia

De acordo com o IBGE (2013), o abate de bovinos no primeiro trimestre de 2013 foi o maior já registrado para o começo do ano e ainda segundo o IBGE (2014), abate de suínos sobe no terceiro trimestre de 2014 e bate recorde desde o início do levantamento em 1997. O Brasil visa o bom desempenho da agropecuária pois ela tem reflexos em todas as atividades econômicas do país, pois é a agropecuária quem puxa a economia brasileira de acordo com o site da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017) o agronegócio brasileiro já se destaca como o setor que mais contribui para o fortalecimento da nossa economia, respondendo individualmente por 1/4 do Produto Interno Bruto.

2.2 Utilização de Esterco na Produção de Biogás

Com a utilização dos esterco como alimentação nos biodigestores pode ser produzido o biogás, gás inflamável produzido a partir da mistura do dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), desse produto obtido podemos emprega-lo em várias áreas como: emprego do biogás como combustível veicular, matéria-prima para as indústrias, geração de energia elétrica, na produção de

vapor. No Brasil a produção do biogás ainda possui um custo relativamente elevado, visto que o país possui grande potencial para adoção do mesmo por ter muitos locais rurais que produzem os insumos para a produção do biogás esse alto custo se torna um fator negativo que dificulta sua expansão e adoção.



2.3 Utilização de Esterco na Produção de Gás de Cozinha (GLP)

No Nordeste na zona Rural é comum já se utilizar pelos pequenos produtores rurais e na produção agrícola familiar, os esterco na produção do GLP. Para uma casa com cinco pessoas, são suficientes as fezes de dois bovinos adultos, 10 suínos ou 100 aves. Sempre 1 kg de dejetos para um litro de água foi o que afirmou o Globo Rural em 2016.

De acordo ainda com o Globo Rural ao serem armazenados os esterco, no processo a vácuo, os dejetos são fermentados pelas bactérias presentes no estrume denominado. Os gases sobem e vão para o fogão.

Figura 2. Chamas de metano no fogão de cozinha



Fonte: Deposito-Photos, (2017).

2.4 Utilização do Esterco Bovino para Recuperação de Solo Degradado

Mesmo quando o solo nunca foi usado para plantações, ele pode já está degradado, tornando-se sem vida e com uma textura muito compacta. Logo, esta técnica de utilização de esterco bovino na agricultura é simples e permite o aproveitamento da atividade agrícola familiar. O resíduo orgânico ira repor os nutrientes à terra, propiciando assim a melhoria da fertilidade desse solo, redução de sua acidez, aumento da aeração, permeabilidade e infiltração da água.

Figura 3. Esterco bovino na recuperação de solo



Fonte: Embrapa (2017).

2.5 Utilização de Dejetos Suíno como Fertilizante Orgânico

Até a década de 70 os dejetos suínos não era preocupação, pois havia uma baixa população de porcos, com o tempo a suinocultura brasileira cresceu significativamente e se analisou vários tipos de indicadores econômicos, sociais (importação, exportação, expansão de comércio), mas também de poluição; a exemplo da poluição hídrica (alta carga orgânica e presença de coliformes fecais) oriundos dos dejetos suínos. Atualmente, essas atividades suinícolas, estão sendo melhor fiscalizadas pela legislação ambiental junto a Associação Catarinense de Criadores de Suínos (ACCS), buscando soluções de melhor manejo e destinação para esses dejetos entre eles a compostagem que transforma o dejetos líquido em adubo sólido.

Essa transformação em adubos sólidos além de minimizar o risco ambiental oriundos de resíduos gerados pelas atividades de suinoculturas contém uma série de elementos químicos que enriquecem o solo. Quando eles são corretamente manejados ele pode ser melhorar o solo em seus aspectos físicos (na estrutura do solo, permeabilidade e infiltração da água), químicos (gerando de fontes de nutrientes ex.; quelatos, troca catiônica, entre outras melhorias) e biológicos (intensificação da atividade microbiana e enzimáticas do solo).

Figura 4. Adubo sólido suíno sendo aplicado no solo



Fonte: Embrapa(2017).

2.6 Utilização do Esterco Caprino como Adubo

Uma cabra adulta produz cerca de 600 kg de esterco por ano. Este esterco é composto por potássio, nitrato de sódio e cloreto de potássio segundo afirmou a revista o Berro (2005). O esterco caprino é um dos mais ricos em nutrientes, conceituando-se como um dos adubos mais ativos e concentrados, consequentemente o adubo caprino se tornou um produto valioso para os agricultores e a sua utilização está na possibilidade do poder de resgatar um solo degradado e também ser mais uma alternativa de renda para os produtores.

Figura 5. Utilização do esterco para jardins



Fonte: Cultura Mix (2017)

2.7 Meio Ambiente

Segundo a UNFCCC (2006), 20% das emissões de metano e dióxido de carbono ocorrem devido às diversas atividades agrícolas, dentre as quais, as principais são: a produção de arroz inundado, manejo incorreto do solo, produção de ruminantes (emissão de metano devido à fermentação do alimento no rúmen) e pela fermentação dos dejetos animais. Um dos conceitos do meio ambiente é citado pela ABNT (2004), que o meio ambiente é a circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações.

2.8 Tratamento de Dejetos

Em relação ao tratamento desses resíduos sólidos se torna um processo muito importante para o meio ambiente, pois acelera a decomposição do material orgânico denominado presente nos resíduos. Segundo avaliou OLIVEIRA (2008), a compostagem é o processo que trata os resíduos orgânicos independente de sua origem, que pode ser florestal, urbana, agrícola ou indústria.

O processo mais utilizado é o da compostagem, sistema de tratamento desenvolvido em parceria entre ACCS a Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e a LPC Empresa de Tecnologia Ambiental, eleé um dos processos que mais traz benefícios para o meio ambiente, pois inclui a produção de adubos orgânicos, prolongando a vida útil de aterros sanitários e redução das emissões de gás metano pela disposição de resíduos entre outros aspectos ambientais.

Lembrando também que como o solo sob cultivo tende a perder fração significativa, por causa também dos fertilizantes minerais, a utilização de matéria orgânica, traz benefícios ao solo quanto a sua estrutura, aeração, drenagem e capacidade de reter e disponibilizar água das plantas, por ser rico em nutrientes como potássio, nitrogênio e fósforo.

Tabela 1. Espécie animal e suas composições

Espécie animal	% Nitrogênio	% Fósforo	% Potássio
Cabra	0.97	0.48	0.65
Porco	1.00	0.40	0.30
Vaca	0.50	0.30	0.45

Fonte: tabela adaptada da Revista O Berro, (2005).

3. METODOLOGIA

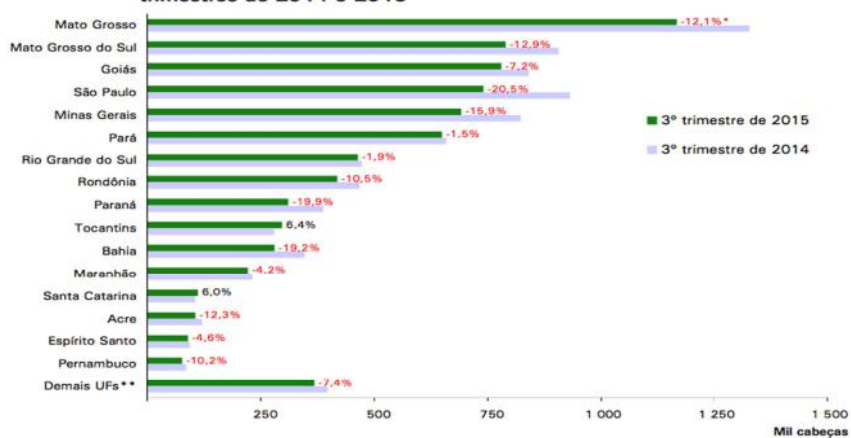
O desenvolvimento deste artigo foi resultante de pesquisas de Janeiro a Junho de 2017, foram levantadas informações fazendo-se o uso de livros, revistas, artigos e jornais, sobre o aproveitamento dos resíduos orgânicos no Brasil e seus destinos. Neste estudo de caso foram pesquisados os tipos de destinação de resíduos sólidos orgânicos como (esterco bovino, caprino e suíno), o tipo de manejo desses esterco, sua vasta destinação para o mesmo e o tratamento mais convencional usado para esses resíduos agropecuários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na pesquisa realizada constatou-se que com a intensificação crescente do número de abates de animais em toda a região do país, os prejuízos ambientais causados pela falta de tratamento e manejo, possibilitou o aumento de resíduos sólidos gerados por atividades agropecuárias, pois grande parte desses dejetos eram lançados diretamente ao meio ambiente, contribuindo com os impactos ambientais e também o desperdício de matéria-prima. Atualmente, cada vez mais os governos, as autoridades e órgãos competentes estão elaborando leis e fiscalizando seu cumprimento, mas existem muitos matadouros e frigoríficos ilegais no Brasil onde funcionam suas atividades sem uma legalização e não dispõem, nem prestam conta de suas atividades.

Figura 6. Variação do abate de bovinos por estado

Gráfico I.4 - *Ranking e variação anual do abate de bovinos - Unidades da Federação - 3^{os} trimestres de 2014 e 2015*



*Variação 2015/2014. ** Agregado das Unidades da Federação com participação inferior a 1% do total nacional.
Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, 2014.III e 2015.III.

Fonte: IBGE (2015).

Por conta disso, segundo informações do site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, conseguiu-se identificar esses frigoríficos ilegais em alguns estados, eles foram fechados para realização de atividades, muitos deles inclusive foram acusados de estar adulterando a data de validade, usando produtos cancerígenos, importando e exportando carne estragada, isso foi denominado pela Polícia Federal do Brasil como sendo comercialização de “carne fraca”.

No mês de Maio de 2017 o governo liberou verba e está incentivando a volta das atividades de alguns abatedouros e frigoríficos a abrirem novamente as portas, voltando a funcionar agora com fiscalização e prestando conta de suas atividades dentro dos padrões de qualidade da carne.

5. CONCLUSÃO

De acordo com as pesquisas de investigação para o presente artigo grande parte da economia brasileira é provinda da produção agropecuária. E, diariamente são gerados resíduos sólidos oriundos das atividades agropecuárias, antes, grande parte desse resíduos orgânicos gerados eram lançados diretamente ao solo, ou destinados de forma incorreta, por falta de recurso e/ou por negligencia de grande parte dos produtores.

Durante a análise de pesquisa fazendo-se o uso de livros, revistas e artigos, há um tempo foi implantado no Brasil e apresentado aos agropecuaristas, variados tipos de processos de tratamento, uma vasta área de destinação correta para esses resíduos, onde o produtor pode destiná-los e ainda fazer disso uma renda alternativa. A luta ambientalista contra os que ainda se negligenciam com o manejo, tratamento destinação de forma correta desses resíduos agindo contra as leis ambientais ainda é árdua, porém cada vez mais está sendo enfatizado esse assunto na luta pela preservação da natureza, diminuição da pegada ecologia e aumento da economia circular.

REFERÊNCIAS

ABNT - NBR ISO 14001/2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de gestão ambiental**. ABNT: 2004. Disponível em: http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=1006. Acessado em 05 Abr., 2014.

ALVES, F. S. F., PINHEIRO, R. R., O Esterco Caprino e Ovino como Fonte de Renda- Posse Barão. **Revista O Berro** nº 77 Maio/2005.

ALVES, S. M.; MELO, C.F.M.; WISNIEWISKI, A. **Biogás: uma alternativa de energia no meio rural**. Belém, EMBRAPA/CPATU. (Miscelânea, 4), 1980.

AMORIM, A.C.; LUCAS JÚNIOR, J.; RESENDE, K.T. **Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos obtidos nas diferentes estações do ano**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.1, p.16-24, 2004.

ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MATSUO, M.S. CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006.

BRAGA, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política nacional de resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, nº 147, p. 3, 03 ago/ 2010.

FERRAZ, J. M. G.; MARIEL, I. E. **Biogás, uma fonte alternativa de energia**. Brasil, 1980, 27p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível<www.ibge.com.br> Último acesso 20.04.2017.

OLIVEIRA, A. C. E.; SARTORI, H. R.; GARCEZ, B. T. **Compostagem**. Piracicaba: USP, 2008.

ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M.A.P. **Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos**. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.639-647, set./dez.2007.

SILVA, F.M.; LUCAS JÚNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. **Desempenho de um aquecedor de água a biogás**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.608-614, 2005.

SILVA I. R., BITTENCOURT A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L, MARTIN L. 2001. Principais Padrões de Dispersão de Sedimentos ao Longo da Costa do Descobrimento – Sul do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**.

SOUZA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F.F. **Enciclopédia agrícola brasileira**, v. 1, 508 p. Escola Superior de Agricultura” Luiz de Queiroz”: Edusp,1995.

UNFCCC. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. Overview of project activity cycle. Disponível em: <<http://unfccc.int/cdm>>. Acesso em: 10 Maio/2017.

6.5 VERIFICAÇÃO DA FITOTOXICIDADE *IN VITRO* DE RESÍDUOS ORGÂNICOS BIOESTABILIZADOS EM SEMESTES DE HORTALIÇAS

GUIMARÃES, Pedro Vitor Pereira
Centro Universitário Internacional
pedrovpg@hotmail.com

SOUSA, Rita de Cássia Pompeu de
Embrapa Roraima
rita.sousa@embrapa.br

MATTIONI, José Alberto Martell
Embrapa Roraima
jose.mattioni@embrapa.br

SMIDERLE, Oscar José
Embrapa Roraima
oscar.smiderle@embrapa.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar a fitotoxicidade de resíduos orgânicos bioestabilizados armazenados em condições de laboratório, por meio de ensaio *in vitro* com sementes de três espécies de hortaliças, visando indicação para destinação final ambientalmente adequada. Os testes biológicos foram conduzidos no mês de dezembro de 2015 no laboratório de resíduos, controlando-se temperatura e luminosidade (20 ± 1 °C e no escuro). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e uma testemunha controle, ambos com três repetições, totalizando nove unidades experimentais. Os extratos aquosos dos resíduos orgânicos bioestabilizados avaliados têm características de pH e condutividade elétrica semelhantes. Ambos potencializam sob condições controladas, a germinação e o crescimento das raízes de rabanete, rúcula e tomate cultivadas *in vitro*, superando os valores do tratamento controle. É possível a destinação de forma ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos bioestabilizados armazenados, uma vez que, não demonstram fitotoxicidade nas três hortaliças estudadas, podendo ser enviados a compostagem ou, reintroduzidos ao ciclo produtivo como insumo agrícola, auxiliando na composição de novas formulações de substratos sólidos e líquidos para experimentos de interesse da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Testes Biológicos, Bioensaios.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos em geral está presente em praticamente todas as atividades desenvolvidas pelo homem no decorrer da vida. Com o crescimento populacional mundial, a quantidade e diversidade de resíduos só tende a aumentar, exigindo novo posicionamento perante a esse assunto. De acordo com Jacobi e Besen (2011) a preocupação mundial em relação aos resíduos sólidos, em especial os domiciliares, tem aumentado ante o crescimento da produção, do gerenciamento inadequado e da falta de áreas de disposição final.

No Brasil, a definição de resíduos é dada pela Lei Federal 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Entende-se por resíduos sólidos qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos (BRASIL, 2010).

Por questões logísticas, amostra de materiais orgânicos oriundos de pesquisa científicas, após o período de armazenamento em laboratório, é indicada a destinação ambientalmente adequada, que pode ser a reutilização, a reciclagem, a recuperação, o aproveitamento energético e a compostagem (BRASIL, 2010), que é uma forma eficaz de degradar as toxinas orgânicas, especialmente orgânicos solúveis em água, incluindo ácidos graxos de cadeia curta que são tóxicos para as plantas (CAI; WEN; LI, 2012).

Historicamente, os resíduos orgânicos são utilizados na agricultura como adubo ou fertilizante orgânico, com a finalidade de adição de nutrientes e matéria orgânica para o solo. O fertilizante orgânico composto é produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais (BRASIL, 2004).

Para avaliar a qualidade dos produtos finais do processo de compostagem, se faz necessário utilizar parâmetros específicos, onde exige muitas das vezes, máquinas e procedimentos onerosos, a exemplo de análises de matéria orgânica e macro e micronutrientes. Devido ao custo financeiro, é aceitável a adoção de parâmetros alternativos, com técnicas e metodologias simplificadas onde se possa avaliar a qualidade (grau de maturação e decomposição) dos resíduos orgânicos e seu potencial para uso agrícola.

Pires e Mattiazo (2008) afirmaram um conjunto de atributos é comumente usado avaliar a viabilidade de uso do resíduo em solo agrícola, consistindo em indicativo do potencial agrônomo e dos riscos ambientais da adição do resíduo ao solo. O grau de maturação do composto pode ser determinado por meio de plantas indicadoras ou plantas testes, como é o caso do tomateiro, indicando sua fitotoxicidade, se está curado ou se pode conter poluentes tóxicos (KIEHL, 1985; KIEHL, 2012).

Nos testes, a qualidade dos resíduos orgânicos é avaliada por meio de germinação de sementes e crescimento de raízes. Germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

Conforme Ayers; Westcost (1985) os problemas de fitotoxicidade ocorrem quando determinados componentes do solo ou da água são absorvidos pela planta e acumulam-se às altas concentrações, bastante para causar dano na cultura ou prejudicar rendimento da cultura. O grau de fitotoxicidade depende da absorção e da sensibilidade da cultura. Fitotoxicidade é uma condição ou qualidade do composto que influencia negativamente o crescimento da planta.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a fitotoxicidade de resíduos orgânicos bioestabilizados armazenados em condições de laboratório, por meio de ensaio *in vitro* com sementes de três espécies de hortaliças, visando indicação para destinação final ambientalmente adequada.1'

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os resíduos orgânicos quando dispostos de maneira irregular nas ruas, em rios, córregos e terrenos vazios, e tem efeitos tais como assoreamento de rios e córregos, entupimento de bueiros com consequente aumento de enchentes nas épocas de chuva, além da destruição de áreas verdes, mau cheiro, proliferação de moscas, baratas e ratos, todos com graves consequências diretas ou indiretas para a saúde pública (PEREIRA NETO, 2007; JACOBI; BESEN, 2011).

Pelo fato de ser uma comprovação/validação prática e relativamente rápida (<120 horas), a fitotoxicidade é um indicador importante da qualidade de materiais orgânicos (OBIDOSKA; HADAM, 2008), podendo ser determinada por bioensaios de germinação utilizando espécies sensíveis a metabolitos fitotóxicos (PICÓN-TORO et al., 2010).

A associação da verificação de fitotoxicidade a testes de salinidade e alcalinidade provam serem indicadores de qualidade (MUÑOZ et al., 2015), sendo utilizados em estratégias de monitoramento, como ferramentas ecotoxicológicas úteis (YOUNG et al., 2016). Os níveis de qualidade das amostras são classificados quanto à fitotoxicidade por diversos autores (ZUCCONI et al., 1981; AYERS; WESTCOST, 1985; BATISTA; BATISTA, 2007; GAO et al., 2010; DELGADO et al., 2010; MITELUT; POPA, 2011).

Além de análises físico-químicas para fins de classificação, Na prática, Machado Neto et al. (2005) verificaram a possibilidade de ocorrência de efeitos alelopáticos de extratos aquosos lixiviados de cascas de pinus (*Pinus* spp.) e fibras de xaxim (*Dicksonia sellowiana* Hook.) sobre a germinação de rabanete (*Raphanus sativus* L.), alface (*Lactuca sativa* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

Já Ancuta et al. (2013) avaliaram o grau de fitotoxicidade de fertilizantes orgânicos oriundos da compostagem de palhas, gramas e esterco de galinha utilizando sementes de tomate. Klauck; Rodrigues; Silva (2015) caracterizaram efluente lixiviado (chorume) de um aterro sanitário com análises química e físico-químicas, e analisaram a fitotoxicidade utilizando testes de germinação e crescimento radicular de alface (e rúcula (*Eruca sativa* L.)

3. METODOLOGIA

A produção dos resíduos orgânicos bioestabilizados (ROB) foi realizada durante os meses de março e agosto de 2014 na Vitrine Tecnológica, área de Transferência de Tecnologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Roraima), localizada na BR-174, km 8, Boa Vista-RR, coordenadas geográficas 02°45'28"N e 60°43'54"W.

Os resíduos orgânicos utilizados na produção dos substratos foram folhas e pseudocaules de bananeira (*Musa spp.*), folhas e galhos de mangueira (*Mangifera indica L.*) e esterco ovino. Os resíduos vegetais foram coletados na própria sede, os de mangueira na varrição da área externa da empresa e os de bananeira em área de experimento. O esterco ovino foi coletado em área de experimento no Campo Experimental Água Boa, pertencente a Embrapa Roraima.

O método de compostagem adotado foi o convencional, de baixo custo, com os resíduos sendo dispostos diretamente no solo, com revolvimento de leiras e a céu aberto. Nas leiras de compostagem foram adicionados calcário dolomítico, cuja finalidade é correção de pH e fornecimento de Ca e Mg, recomendação técnica para solos de Roraima.

Na produção dos compostos utilizaram-se dois tratamentos, com três repetições cada: TM = 75% restos de mangueira + 25% de esterco ovino + 1,5 kg de calcário dolomítico, e TB = 75% restos de bananeira + 25% esterco ovino + 1,5 kg de calcário dolomítico. O ciclo de revolvimento adotado para arejar as leiras foi com inversão de camadas. Seguiram-se as recomendações operacionais sugeridas por Kiehl (1985) e Pereira Neto (2007) referentes ao controle de umidade, temperatura e revolvimento durante o processo de decomposição.

As amostras para análise simplificada em laboratório foram coletadas na fase de maturação (após 150 dias de tratamento/compostagem). Os resíduos foram coletados e quarteados seguindo método proposto por Kiehl (1985) e peneirados para se obter uniformidade, sendo encaminhado ao Laboratório de Resíduos da empresa, onde os materiais já processados foram avaliados com métodos analíticos e biológicos (GUIMARÃES; MATTIONI; SOUSA, 2015).

As amostras foram mantidas no laboratório por dois anos, após este período, por razão logística, foi necessário descartá-las. No entanto, buscou-se avaliar se ainda havia algum potencial agrícola ou poluidor nos materiais, para isso, utilizaram-se testes em laboratório. A verificação de fitotoxicidade por meio de testes biológicos foi conduzida no mês de dezembro de 2015 no laboratório de resíduos da Embrapa Roraima, controlando-se temperatura e luminosidade (20±1 °C e no escuro).

Utilizaram-se dois extratos aquosos de resíduos orgânicos oriundos de amostras de compostagem de manga (RM) e de banana (RB), todos uniformizados granulometricamente com peneira de 2 mm. Como testemunha/controle, utilizou-se água deionizada (AD), como um tratamento adicional. Os extratos foram produzidos na proporção 1:10 (m/v) (resíduos/água deionizada). A homogeneização das amostras foi realizada manualmente, com auxílio de bastão de vidro, durante aproximadamente, 60 segundos por amostra. Posteriormente, foram filtrados utilizando papel de filtro qualitativo e funil de vidro.

Realizou-se em triplicata, análise do potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) dos extratos aquosos e da água deionizada utilizada na produção dos extratos aquosos. As determinações pH e CE foram realizadas em sala climatizada (25±1 °C), e os dados, quando

necessário, corrigidos à 25 °C. Para determinação de pH utilizou-se potenciômetro digital (Lucadema modelo LUCA-210). CE foi mensurada a partir de condutivímetro microprocessado (Quimis modelo Q-405M). Para calibração do potenciômetro, utilizou-se soluções tampões de pH 4,0 e 7,0. O condutivímetro foi calibrado com solução de KCl com 1418 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

As sementes de rabanete cv. “Vip Crimson Seleção Especial”, rúcula cv. “Antonella” e tomate cv. “IPA6” foram adquiridas em loja agropecuária. Conforme informações contidas na embalagem, as sementes de rabanete possuem 70% de germinação e 100% de pureza (safra 2011/2011). As sementes são tratadas com 0,15% de Captan 750®. A cultivar foi escolhida devido às características de uniformidade na produção de frutos, resistência a rachaduras e colheita precoce no verão [28 dias após sementeira (DAS)]. A germinação ocorre entre 4 e 10 DAS.

Segundo informações da embalagem da rúcula, as sementes de rúcula utilizadas possuíam 98% de germinação e pureza física de 100% (safra 2014/2014). A cultivar foi escolhida devido às características de uniformidade na emergência de plântulas, do ponto de colheita/corte, além de ter excelente produtividade e precocidade no verão (40 DAS). A germinação ocorre entre 4 e 10 DAS.

De acordo com informações contidas na embalagem de tomate, as sementes possuem 96% de germinação e 99,2% de pureza (safra 2014/2014) e não são tratadas com defensivos. Deu-se preferência a cultivar por ser uma planta vigorosa e produtiva, de frutos globulares firmes, com excelente coloração interna e externa (120 DAS), além de ser resistente/tolerante a: *Fusarium*, *Verticillium*, nematóide e rachadura dos frutos. A germinação ocorre de 5 a 14 DAS.

Para acomodação das sementes e dos extratos aquosos, utilizaram-se placas de Petri e papel de filtro quantitativo, ambos com 9 cm de diâmetro. As placas de Petri foram higienizadas com detergente neutro e água corrente, posteriormente, esterilizada em estufa regulada a 200 °C por duas horas. Os papéis de filtro foram esterilizados envolvidos em papel alumínio, a uma temperatura de 105 °C por duas horas (BRASIL, 2009), na mesma estufa. Em cada unidade experimental (placa de Petri) do teste biológico, foram dispostas dez sementes em papel de filtro umedecido com 5 mL de extrato aquoso (tratamentos) e com água deionizada.

As aferições foram realizadas na primeira contagem de emergência sugerida pela RAS (BRASIL, 2009), quatro dias após a sementeira em placas para rabanete e rúcula, e cinco dias após sementeira para tomate. O número de sementes germinadas (NSG) e comprimento de raiz (CR) foram quantificados para obtenção do índice de germinação (IG). Para mensuração de CR utilizou-se um paquímetro digital com precisão de (0,01 mm).

Para cálculo de IG, quantificou-se percentagem relativa de germinação de sementes (RSG) e a percentagem relativa do comprimento das raízes (RRG). O cálculo de RSG foi efetuado pela Equação 1:

$$\text{RSG}\% = (\text{NSG,EA})/(\text{NSG,TC}) * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

onde NSG,EA é a média aritmética do número de sementes germinadas em cada extrato aquoso (tratamentos) e NSG,TC é a média aritmética do número de sementes germinadas na testemunha controle (água deionizada). O cálculo de RRG foi efetuado pela equação 2:

$$\text{RRG}\% = (\text{CR,EA})/(\text{CR,TC}) * 100 \quad (\text{Equação 2})$$

onde CR,EA é a média do comprimento das raízes de cada extrato aquoso e CR,TC é a média do comprimento das raízes de testemunha controle. O índice de germinação (IG) proposto por Zucconi et al. (1981), relaciona RSG e RRG de acordo com a equação 3:

$$IG\% = (RSG\% * RRG\%) / 100 \quad \text{(Equação 3)}$$

Adotou-se escala de classificação de fitotoxicidade, onde valores de índice de germinação (IG%) acima de 100% indicam que os materiais diluídos (extrato aquoso dos resíduos) não são fitotóxicos, sendo compostos maturados, livres de fitotoxinas (ZUCCONI et al., 1981; BATISTA; BATISTA, 2007; GAO et al., 2010) e poderão estimular as propriedades do solo (DELGADO et al., 2010), potencializando a germinação e o crescimento de raiz de plantas (BELO, 2011).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e uma testemunha controle, ambos com três repetições, totalizando nove unidades experimentais. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e comparação entre as médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, através do programa computacional Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011). Um resumo simplificado das condições dos testes realizados está no Quadro 1.

Quadro 1. Resumo das condições dos testes de fitotoxicidade por meio de germinação de sementes *in vitro*

Condições dos testes de fitotoxicidade			
Tipo do teste	Estático	Estático	Estático
Pré-tratamento	Não	Não	Não
Temperatura	20±1 °C	20±1 °C	20±1 °C
Luz	Não	Não	Não
Recipiente de ensaio	Placas de petri (d = 9 cm)	Placas de petri (d = 9 cm)	Placas de petri (d = 9 cm)
Papel de filtro	Análise quantitativo	Análise quantitativo	Análise quantitativo
Volume do teste	5 mL placa ⁻¹	5 mL placa ⁻¹	5 mL placa ⁻¹
Diluição dos extratos	1:10 (m/v)	1:10 (m/v)	1:10 (m/v)
Espécie planta	<i>Raphanus sativus</i> L.	<i>Eruca sativa</i> L.	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.
Número de sementes	10 placa ⁻¹	10 placa ⁻¹	10 placa ⁻¹
Réplicas	Três	Três	Três
Testemunha/controle	Água deionizada	Água deionizada	Água deionizada
Duração do teste	96 horas	96 horas	120 horas
Variáveis avaliadas	pH, CE, G, CR, NSG, RRG, RSG e IG	pH, CE, G, CR, NSG, RRG, RSG e IG	pH, CE, G, CR, NSG, RRG, RSG e IG
Validação estatística	Anova e Tukey (p<0,05)	Anova e Tukey (p<0,05)	Anova e Tukey (p<0,05)

Fonte: Autores, 2017.

5. RESULTADOS

A alcalinidade e salinidade dos extratos aquosos foram maiores do que as apresentadas pela água deionizada. Os valores de pH e CE dos extratos aquosos e da água deionizada (testemunha/controle) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) da água deionizada (AD) e dos extratos aquosos (1:10/m:v) de substratos orgânicos

Tratamentos	pH	CE (dS m ⁻¹)
AD	5,7±0,08	0,009±0,000
RM	7,4±0,09	1,527±0,015
RB	7,3±0,07	1,496±0,011

Fonte: Autores, 2017.

Os extratos aquosos de RM e RB apresentaram valores de pH recomendados (acima de 6,0) para fertilizante orgânico composto (BRASIL, 2009), em nível bom para uso, indicando que são resíduos bioestabilizados (KIEHL, 1985). Os valores de CE dos extratos aquosos avaliados assemelham-se com os encontrados por Muñoz et al. (2015) em extrato não fitotóxico de fertilizante composto a base de esterco de coelho (1,3 dS m⁻¹). A CE de RM e RB abaixo de 4,0 dS m⁻¹ indica que os materiais diluídos não apresentam riscos de salinidade como resíduo ou fertilizante orgânico (KIEHL, 2012).

Em média RM e RB apresentaram 1,5 dS m⁻¹, que está dentro dos limites máximos de 2,0 para uso no cultivo de rúcula (CAVARIANNI et al., 2008) e de 2,5 dS m⁻¹ para uso na cultura do tomate (AYERS; WESTCOST, 1985). Os extratos RM e RB estavam com CE acima da recomendação de 1,3 dS m⁻¹ para o uso na cultura rabanete, porém, não detectou-se fitotoxicidade no teste *in vitro*, possivelmente, por a cultura ter rendimentos de até 90% na produção com soluções de extrato com 2,1 dS m⁻¹ (AYERS; WESTCOST, 1985).

Observou-se que os tratamentos avaliados (AD, RM e RB) não diferiram estatisticamente nas germinações (G) de sementes de rabanete (p= 0,6944), rúcula (p= 0,3086) e tomate (p = 0,4444). Houve efeito significativo dos tratamentos no crescimento de raiz (CR) de rabanete (p = 0,0001); rúcula (p = 0,0043) e tomate (p = 0,0001) *in vitro*. A estimativa de G e CR de rabanete, rúcula e tomate *in vitro* sob água deionizada (AD) e extratos de resíduos de manga (RM) e de banana (RB) estão apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2. Valores médios de germinação (G) e comprimento de raiz (CR) de rabanete quatro dias após semeadura *in vitro* sob extratos aquosos (1:10/m:v) de substratos orgânicos RM e RB

Tratamentos	G (%)	CR (mm)
AD	40 a	7,87 b
RM	43 a	8,71 a
RB	43 a	8,60 a
C.V.(%)	12,48	3,61
D.M.S.	15,32	0,14

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Autores, 2017.

Tabela 3. Valores médios de germinação (G) e comprimento de raiz (CR) de rúcula quatro dias após semeadura *in vitro* sob extratos aquosos (1:10/m:v) de substratos orgânicos RM e RB

Tratamentos	G (%)	CR (mm)
AD	80 a	17,63 b
RM	87 a	19,27 a
RB	87 a	19,14 a
C.V.(%)	6,24	1,59
D.M.S.	13,04	0,17

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Autores, 2017.

Tabela 4. Valores médios de germinação (G) e comprimento de raiz (CR) de tomate cinco dias após semeadura *in vitro* sob extratos aquosos (1:10/m:v) de substratos orgânicos RM e RB

Tratamentos	G (%)	CR (mm)
AD	90 a	29,46 b
RM	97 a	35,61 a
RB	93 a	35,29 a
C.V.(%)	6,19	10,33
D.M.S	16,79	0,68

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

Fonte: Autores, 2017.

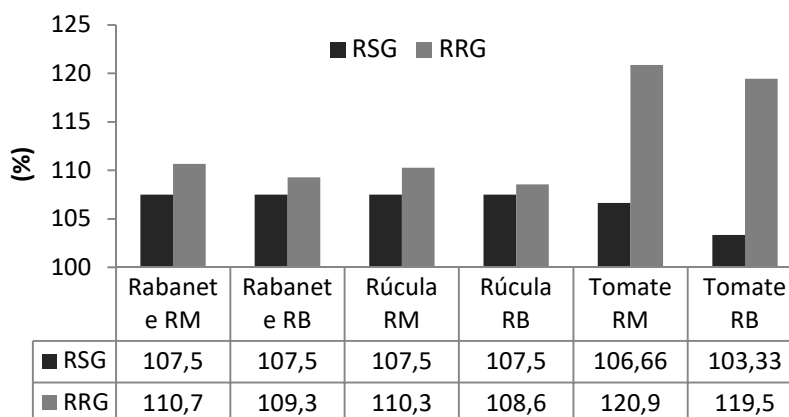
Devido à qualidade do lote das sementes de rabanete, os valores de emergências foram baixos, porém, houve efeito significativo dos resíduos orgânicos bioestabilizados, que proporcionaram o crescimento de raízes de *R. sativus*. Nos três testes realizados os extratos aquosos não diferiram significativamente da testemunha/controle na variável germinação provavelmente, pelo fato das sementes terem compostos de reserva, a exemplo de sacarose, amido, proteínas, lipídeos, fitina e polissacarídeos de parede celular (BUCKRIDGE et al., 2004), fazendo com que, geralmente, necessitem apenas de água para ativar seus mecanismos fisiológicos.

Os valores de germinação e crescimento de raiz de *E. sativa* nas placas umedecidas com os extratos RM e RB assemelharam-se aos registrados por Machado Neto et al. (2005) com germinação de rabanete entre 88 e 97% embebidos com extratos lixiviados de casca de pinus. Klauck; Rodrigues; Silva (2015) registraram valores de germinação variando de 80 a 90% e CR entre 8,5 e 14,7 mm, utilizando-se água deionizada e lodo de esgoto para hidratação as sementes.

A germinação de tomate em placadas umedecidas com extratos RM e RB foram maiores do que as reportadas por Machado Neto et al. (2005) com valores de 44 a 65%. Os valores médios de germinação e CR de tomate embebidos com extratos RM e RB foram semelhantes aos registrados por Ancuta et al. (2013) com germinação de 86% e 35 mm de raiz utilizando extrato de composto oriundo da decomposição de palhada de trigo, esterco de galinha e apara de grama.

Os efeitos benéficos dos extratos de RM e RB nas hortaliças estudadas foram evidenciados em CR (Tabelas 2, 3 e 4) e nas relações de sementes germinadas e relação de crescimento de raiz (Figura 1), onde não se observou sintomas de salinidade (AYERS; WESTCOST, 1985), demonstrando viabilidade do seu reuso como fertilizante sólido ou líquido para a cultura.

Figura 1. Valores de relação de sementes germinadas (RSG) e relação de crescimento de raiz (RRG) de rabanete, rúcula e tomate embebidas com extratos aquosos de manga (RM) e banana (RB).



Fonte: Autores, 2017.

Os extratos aquosos de RM e RB não apresentaram fitotoxicidade na germinação e crescimento rabanete, rúcula e tomate, indicando que não houve contaminação ou depreciação do material enquanto armazenamento. As plântulas que emergiram nas placas umedecidas com extratos aquosos dos resíduos avaliados apresentaram potencial para continuarem seu desenvolvimento, não sendo observadas plântulas danificadas, deformadas ou deterioradas (BRASIL, 2009).

Dentro da classificação qualitativa do grau de fitotoxicidade (tabela 5), os extratos de RM e RB estão enquadrados nos substratos não fitotóxicos (ZUCCONI et al., 1981; BATISTA; BATISTA, 2007; GAO et al., 2010), que estimulam as propriedades do solo e das sementes (DELGADO et al., 2010) e raízes (BELO, 2011).

Tabela 5. Valores de índice de germinação (IG) de rabanete e rúcula quatro dias após semeadura e tomate cinco dias após semeadura *in vitro* sob extratos aquosos e classificação qualitativa dos substratos

Tratamentos	IG (%)	Classificação qualitativa dos substratos
		Rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.)
Extrato aquoso RM	118,9	Não fitotóxico
Extrato aquoso RB	117,5	Não fitotóxico
Rúcula (<i>Eruca sativa</i> L.)		
Extrato aquoso RM	117,5	Não fitotóxico
Extrato aquoso RB	116,7	Não fitotóxico
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)		
Extrato aquoso RM	124,9	Não fitotóxico
Extrato aquoso RB	123,4	Não fitotóxico

Fonte: Autores, 2017.

Os IG aqui registrados para RM e RB em rabanete, rúcula e tomate foram semelhantes aos encontrados por Picón-Toro et al. (2010), Mitelut; Popa (2011), Belo (2011), Ancuta et al. (2013).

5. CONCLUSÕES

Os extratos aquosos de resíduos orgânicos bioestabilizados armazenados potencializam sob condições controladas, a germinação e o crescimento das raízes de rabanete, rúcula e tomate cultivadas *in vitro*, em relação ao tratamento controle, não apresentando atividade fitotóxica.

A destinação final ambientalmente adequada dos resíduos avaliados é possível, tendo em vista que, não demonstram fitotoxicidade nas três hortaliças estudadas, nem potencial poluidor, indicando a possibilidade serem reintroduzidos ao ciclo produtivo como insumo agrícola, auxiliando na composição de novas formulações de substratos sólidos e líquidos para futuros experimentos de interesse da empresa, ou encaminhados para compostagem.

REFERÊNCIAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Roma: FAO, 1985. 174p.
- ANCUTA, D.; RENATA, S.; CARMEN, B.; SULAMAN, R. Seed germination and seedling growth of tomato as affected by different types of compost water extracts. **Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 155-160, 2013.
- BATISTA, J., BATISTA, E. **Compostagem: utilização de compostos em horticultura**. Universidade dos Açores, p. 256, 2007.
- BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79p. Dissertação de mestrado – Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.
- BRASIL. **Instrução Normativa SDA N° 25, de 23 de julho de 2009**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2009.
- BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Brasília, DF: [s.n], 2010.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BUCKRIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M.; SANTOS, H. P. dos; TINÉ, M. A. S. **Acúmulo de reservas**. In: FERREIRA, A. G.; BROGHETTI, F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- CAI, H.; WEN, Y.; LI, J. Effect of composting, leaching and carbonizing on alleviating phytotoxicity of sewage sludge. **Advanced Materials Research**, v. 518-523, p. 1733-1736, 2012.
- DECRETO N° 4.954, DE 14 DE JANEIRO DE 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm. Acesso em: dezembro, 2014.
- DELGADO, M. M.; MARTIN, J. V.; IMPERIAL, R. M. D.; LEÓN-CÓFRECES, C.; GARCÍA, M. C. Phytotoxicity of uncomposted and composted poultry manure. **African Journal of Plant Science**, v. 4, p. 154-162, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GAO, M.; LI, B.; YU, A.; LIANG, F.; YANG, L.; SUN, Y. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1899–1903, 2010.
- GUIMARÃES, P. V. P.; MATTIONI, J. A. M.; SOUSA, R. de C. P. de. Reciclagem de resíduos orgânicos de empresa de pesquisa agropecuária por meio de compostagem de baixo custo. **Anais.. I Simpósio Internacional de Educação Ambiental no Estado de Roraima**, v. 1, n. 1, p. 144-147, 2015.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estudos avançados. vol.25 no.71 São Paulo Jan./Apr. 2011.
- KLAUCK, C. R.; RODRIGUES, M. A. S.; SILVA, L. B. Evaluation of phytotoxicity of municipal landfill leachate before and after biological treatment. **Braz. J. Biol.**, São Carlos, v. 75, n. 2, supl. p. 57-62, May 2015.
- KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica “Ceres” Ltda., 1985, 492p.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 6ª ed, Piracicaba, 171p, 2012.
- MACHADO NETO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C.; CARVALHO, P. R. de; YAMAMOTO, L.; CACCIOLARF, C. Casca de pinus: avaliação da capacidade de retenção de água e fitotoxicidade. **Colloquium Agrariae**, v. 1, p. 19-24, 2005.

MITELUT, A. C.; POPA, M. E. Seed germination bioassay for toxicity evaluation of different composting biodegradable materials. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 16, n. 1, 2011.

MUÑOZ, E. H.; HERNÁNDEZ, J. C.; ÁLVAREZ, L. A.; MATA, R. C.; HIDALGO, L. F. P. Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada com bioensayo de germinación de lechuga. **Revista Terra Latinoamericana**, v. 33, p. 179-185, 2015.

OBIDOSKA, G.; HADAM, A. Phytotoxicity of composts produced from various urban wastes. **Horticulture and Landscape Architecture**, n. 29, 2008. 6p.

PEREIRA NETO, João Tinoco. Manual de compostagem: processo de baixo custo – ed. rev. e aum. Viçosa: Editora UFV, 2007, 81p.

PICÓN-TORO, J.; MORALES-RODRÍGUEZ, M. C.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; OSORIO, C. P.; NUÑEZ, E. J. P.; MAYA, M. S. D.; CRUZ, V. M. Variation of compost phytotoxicity during a composting process. ISHS Acta Horticulturae 933: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People, 2010.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZO, M. E. **Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura**. Circular Técnica 19. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna-SP, 2008.

YOUNG, B. J.; RIZZO, P. F.; RIERA, N. I.; TORRE, V. D.; LÓPEZ, V. A.; MOLINA, C. D.; FERNANDÉZ, F. E.; CRESPO, D. C.; BARRENO, R.; KOMILIS, D.; SÁNCHEZ, A. Development of phytotoxicity indexes and their correlation with ecotoxicological, stability and physicochemical parameters during passive composting of poultry manure. **Waste management**, v. 54, p. 101-109, 2016.

ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M.; DEBERTOLI, M. Evaluating toxicity in immature compost. **En: Biocycle**, v. 22, p. 54-57, 1981.

6.6 USO DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA BANANEIRA NO DESENVOLVIMENTO DE ARTESANATO EM UMA COMUNIDADE LOCALIZADA NO CARIRI CEARENSE

LUNA, SaymoVenicio

Universidade Federal do Cariri

saymon.luna@gmail.com

OLIVEIRA JÚNIOR, Antônio Italcly de

Universidade Federal de Pernambuco

antonioitalcly@hotmail.com

RESUMO

A bananicultura produz um volume significativo de resíduos durante a produção até o consumo da fruta. Diante desse contexto, este trabalho consistiu em buscar soluções mitigadoras para destinação ambientalmente correta dos resíduos da bananicultura provenientes dos cultivares de uma associação de agricultores familiares, situadas no Cariri cearense. O trabalho foi realizado a partir do desenvolvimento de uma coleção de produtos artesanais utilizando, como matéria-prima, resíduos provenientes do pseudocaule e folhas da bananeira, visando obter produtos sustentáveis e proporcionar um ciclo produtivo/econômico gerador de renda para comunidade. O pseudocaule, após beneficiamento, propiciou a estruturação de fibras e fios que se mostraram adequados para a utilização em técnicas artesanais, como os trançados e o crochê, respectivamente. Já as folhas não apresentaram boa trabalhabilidade, sendo utilizadas na coleção apenas como elementos para preenchimento das peças. Por fim, o grupo demonstrou aceitação com os materiais e técnicas empregados, obtendo um resultado satisfatório na produção das peças.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos Artesanais, Bananicultura, Economia Circular.

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* sp.) é um fruto de origem tropical. Seu cultivo é um dos mais difundidos no mundo. No Brasil, os sistemas produtivos adotados são bastante variados, desde áreas com manejos majoritariamente extrativistas, até cultivos que utilizam altas tecnologias, de acordo com cada região e tipo de produtor do país (MARTINS; FULANETO, 2008).

Em termos de produção, a região Nordeste tem se destacado no cenário nacional, configurando-se como maior produtora. O estado da Bahia é o maior produtor do Brasil (MARTINS; FURLANETO, 2008), porém a produção dos estados do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte estão se destacando, principalmente devido aos polos de fruticultura irrigada.

De acordo com o perfil da produção de frutas no Brasil - Ceará do ano de 2013, divulgado pela Agência de Desenvolvimento do Ceará (ADECE, 2013), a região do Cariri cearense possui um polo de irrigação composto por oito municípios que mesmo localizado em uma região semiárida, possui uma área irrigável de aproximadamente 20 mil hectares. Desses, apenas 6 mil hectares são irrigados. Segundo a mesma fonte, neste polo, as principais cadeias produtivas são de banana, goiaba, leite, manga, uva, hortaliças, plantas e flores tropicais.

No entanto, uma problemática surge no contexto dessa atividade econômica na região do Cariri que é a geração, o tratamento e a destinação dos resíduos das atividades relacionadas ao cultivo da banana. Segundo Soffner (2001), a bananicultura produz um volume significativo de resíduos, cerca de 200 toneladas/hectare/ano, devido principalmente as folhas, o pseudocaule e o engaço da bananeira.

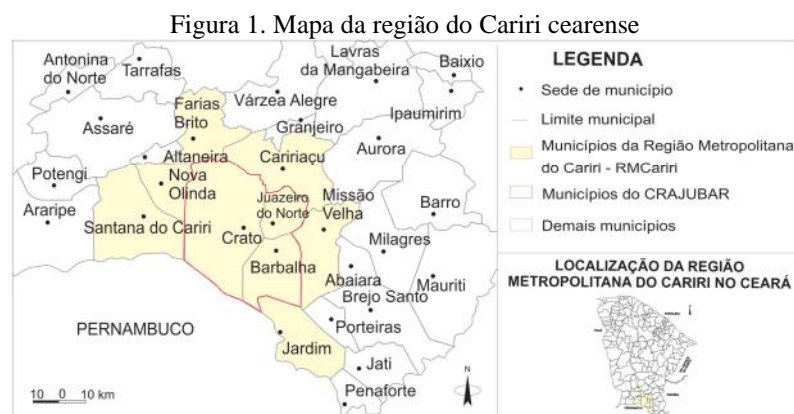
Os resíduos do fruto, isto é, da banana propriamente dita, já foram bastantes estudados por diversos pesquisadores visando o aproveitamento desses materiais na alimentação de ruminantes (bovinos, ovinos, caprinos, etc) e outros animais CAÇÃO et al. 2011; GERASSEV et al., 2013; DINIZ et al., 2014). Existem pesquisas que utilizam as folhas e o pseudocaule da bananeira para compostagem e biomassa para geração de energia (MAIA et al., 2014), porém, devido ao grande volume de resíduos gerados, ainda há necessidade de desenvolver novas tecnologias de tratamento para complementar as já existentes.

Vale ressaltar que, além do polo irrigado do Cariri, a agricultura familiar na região é bastante presente e contribui de forma significativa para a produção local de fruticulturas, principalmente a bananicultura. Estes agricultores geralmente estão organizados em associações, tendo como principal fonte de renda a agricultura e o artesanato. Por serem unidades de pequena produção, muitas vezes as mesmas não possuem os recursos tecnológicos, logísticos e financeiros para realizar o manejo e tratamento, como a compostagem desses resíduos gerados em seus cultivos. Diante desse cenário, torna-se fundamental estudar novas formas de tratar estes resíduos, levando em consideração essa realidade regional, as questões ambientais e a geração de recursos como forma de complementar a renda familiar. Assim, visando a utilização dos resíduos da bananicultura, de forma sustentável e levando em consideração os conceitos da economia circular neste trabalho, buscou-se avaliar o potencial do uso deste como matéria prima de produtos artesanais desenvolvidos na região do Cariri cearense.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cariri Cearense

A região do Cariri localiza-se no sul do estado do Ceará, na fronteira com os estados de Pernambuco, Piauí e Paraíba. A região possui trinta e um municípios, sendo que nove fazem parte da região metropolitana do Cariri (RMC). Os municípios que mais se destacam na RMC são Crato, Juazeiro e Barbalha, que juntos formam a conurbação denominada popularmente de Crajubar (Figura 1), conforme ilustrado por Queiroz (2014).



Fonte: Queiroz (2014)

De acordo com o Perfil Básico Regional de 2014 da Macrorregião Cariri/ Centro Sul do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), os municípios do Cariri possuem, juntos, uma área de 17.810,4 km², população estimada em 1.017.632 habitantes no ano de 2014 e produto interno bruto, a preços de mercado no ano de 2012, estimado em R\$ 6.390.187,00. Por outro lado, segundo o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a RMC possui uma área de 8.517 km² e uma população de 564.478 habitantes, sendo que 21,19% desses habitantes residem em zona rural.

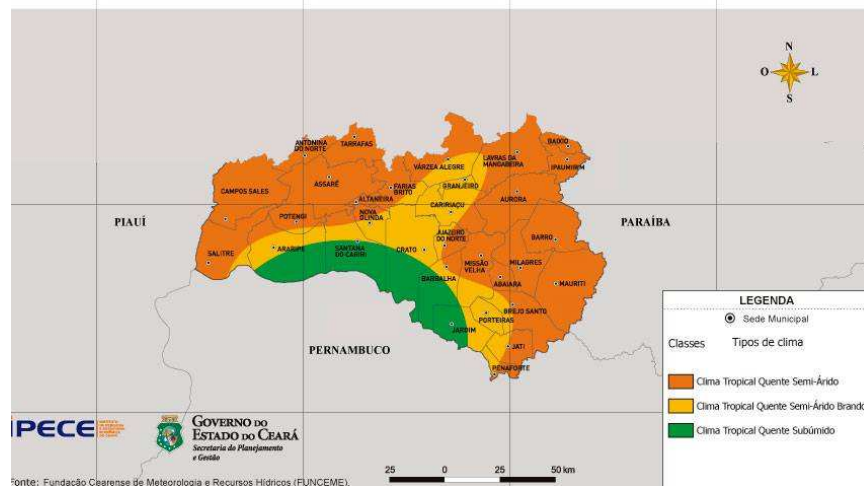
Uma das peculiaridades da região do Cariri é a Floresta Nacional do Araripe (Flona Araripe), primeira floresta nacional federal do Brasil, criada no ano de 1946 (MEDEIROS, 2005). A mesma exerce forte influência no clima e nos recursos hídricos do Cariri. Nos municípios mais próximos da Flona Araripe, na fronteira com o Pernambuco, tais como Jardim, Barbalha, Crato, Santana do Cariri e Araripe, encontra-se o clima do tipo Tropical Quente-Subúmido. No entanto, a medida que os municípios se afastam da Flona Araripe, o clima varia de Tropical Quente Semi-Árido Brando a Tropical Quente Semiárido (Figura 2).

Outra particularidade do Cariri cearense é o vasto acervo cultural, sobretudo a cultura religiosa, centrada na figura do Padre Cícero, popularmente chamada de “Padim Ciço”, que, além de religioso, foi um líder político que influenciou fortemente a agricultura/agroecologia, o artesanato, o desenvolvimento social e a preservação ambiental da região. Os preceitos ecológicos do Padre Cícero foram reunidos e abordados no trabalho de Ferreira (2014) da seguinte forma

Não derrube um mato, nem mesmo um pé pau; Não toque fogo no roçado nem na Caatinga; Não cace mais e deixe os bichos viverem; Não crie o boi nem o bode soltos; faça cercados e deixe o pasto descansar para se refazer; Não plante em serra

acima nem faça roçado em ladeira muito em pé; deixe o mato protegendo a terra para que a água não a arraste e não se perca a sua riqueza; Faça uma cisterna no oitão de sua casa para guardar água da chuva; Reprise os riachos de cem em cem metros, ainda que seja com pedra solta; Plante cada dia pelo menos um pé de algaroba, de caju, de sabiá ou de outra árvore qualquer, até que o sertão todo seja uma mata só; Aprenda a tirar proveito das plantas da caatinga, como a maniçoba, a favela e a jurema; elas podem ajudar a conviver com a seca; Se o sertanejo obedecer a estes preceitos, a seca vai aos poucos se acabando, o gado melhorando e o povo terá sempre o que comer; Mas, se não obedecer, dentro de pouco tempo o sertão todo vai virar um deserto só.

Figura 2. Tipos de clima da região do Cariri



Fonte: Adaptado do IPECE (2017)

Em seus ensinamentos sobre a valorização da fé e do trabalho, o Padre Cícero costumava dizer que “em cada casa um altar e uma oficina”, o que até hoje reflete no modo de produção local, principalmente no artesanato e nas práticas manuais de barro, couro, palha, flandres, ouro, prata, corda e ferragens. Devido todas essas particularidades regionais descritas anteriormente, as mesmas têm contribuído para o crescimento da prática de turismo nesta região. O turismo religioso, o geoturismo e o ecoturismo têm colocado a Região Caririense em posição de destaque a nível estadual, regional e nacional (SOUZA 2013). De acordo com Coriolano e Barbosa (2011), o turismo é uma dinâmica que contribui diretamente para o reconhecimento do artesanato da região e movimentação econômica. Essa dinâmica favorece a comercialização dos produtos e, assim, acaba contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico dos grupos produtivos.

2.2 A Cultura da Banana e seus Resíduos

A banana pode ser cultivada em áreas tropicais e subtropicais úmidas, em altitudes de até 1000m acima do nível do mar. Fatores como a temperatura, a umidade relativa do ar, a incidência solar, as precipitações pluviométricas, a velocidade do ar, dentre outros, influencia no crescimento e na produção da banana.

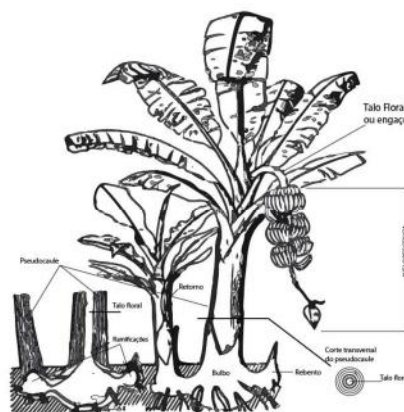
Segundo Martins e Furlaneto (2008), a colheita da banana a nível mundial, em 2006, foi estimada em 71 milhões de toneladas, configurando o fruto como o mais produzido. Ainda de acordo com as autoras, o Brasil é o segundo país de maior produção da banana, ficando atrás apenas da Índia,

com 12 milhões de toneladas. Em se tratando de Brasil, este fruto é o mais consumido, sendo que o consumo anual *per capita* é, em média, de 35 kg/habitante (CARVALHO 1998).

A bananeira é morfológicamente composta por raízes, talo floral, pseudocaule, folhas e inflorescência. O tronco da bananeira na verdade é um pseudocaule, formado por bainhas das folhas superpostas que saem desde a base da planta, denominada de bulbo (a parte da planta que fica soterrada) (Figura 3). O falso tronco ou pseudocaule é formado a partir do aparecimento de folhas sucessivamente dispostas de forma helicoidal e em conjunto. Segundo Coelho, Mata e Braga (2001), para cada pseudocaule é produzido uma só inflorescência e, por conseguinte, um só cacho de banana, onde, em seguida, deverá ser cortado para obtenção do fruto. A continuidade da produção ocorre a partir de outros rebentos que brotam a partir do bulbo, também conhecido como rizoma. O desenvolvimento da bananeira é feito por via vegetativa, com o plantio, de uma maneira geral, de partes do rizoma que sejam portadores de brotos.

A produção do fruto consiste em realizar sucessivas práticas tais como a capina do plantio, o controle cultural, o desbaste, a desfolha, o escoramento, o ensacamento do cacho e o corte do pseudocaule com a folha. Além disso, o melhoramento do arejamento interno do bananal, o aumento da luminosidade, a redução das lesões dos frutos e o controle de pragas são feitos através da limpeza ou remoção das folhas velhas, secas, mortas, doentes ou pendentes, localizadas junto ao pseudocaule, formando um volume considerável de massa vegetativa no plantio (MANICA, 1997).

Figura 3. Partes constituintes da bananeira



Fonte: Adaptada de COELHO, MATA e BRAGA (2001)

Essa massa vegetativa pode produzir grande quantidade de nutrientes que são absorvidos pelo solo através da decomposição da cobertura morta na superfície do plantio. Observa-se que 66% dessa massa vegetativa produzida na etapa de colheita pode retornar ao solo em forma de pseudocaulos, folhas e rizoma (BORGES; SOUZA, 2004) e os 44% dos resíduos são apenas descartados. Embora os resíduos possam ser utilizados como adubo no próprio plantio, apenas uma pequena parcela é suficiente para ser aproveitada neste processo. Além do mais, durante o processo de decomposição da cobertura morta dos cultivares, a partir da degradação da matéria orgânica por microrganismos (fungos e bactérias) encontrados na natureza, ocorre a geração de gases tais como o metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), que são gases do efeito estufa (GEE) e podem causar danos ao meio ambiente ao serem liberados na atmosfera.

2.3 Ecodesign no Desenvolvimento de Produtos, Artesanato e Desenvolvimento Socioeconômico

Na atualidade, devido aos avanços em engenharia, simultânea e recursos técnicos informatizados, maior necessidade da gestão global de projeto, limitação de recursos naturais e critérios ambientais tornaram cada vez mais responsável, a ação de projetar vem exigindo a incorporação dos conceitos de desenvolvimento sustentável e de economia circular na concepção de projetos. A confecção dos produtos pensando na aceitação ambiental dos mesmos é uma realidade, que passou a fazer parte da estratégia de competitividade das empresas, das políticas públicas e do projeto de produtos desde a idealização no processo de design até a seleção dos materiais, ainda no anteprojeto (NAVERO; PACHECO; MEDINA, 2005). As questões como a reciclabilidade, a toxicidade dos materiais, o consumo energético, as embalagens e a vida útil do produto são fatores que devem ser levados em consideração por engenheiros de produto, designers e demais profissionais desse ramo.

O ecodesign parte de princípios como o *Design for the Environment* - DFE, *Design for Recycling* - DFR ou *Design for Disassembling* – DFD. Isso demonstra que todas as considerações ambientais fazem parte integrante do projeto do produto (NAVERO; PACHECO; MEDINA, 2005). Diante desse contexto, o ecodesign surge como uma ferramenta para alcançar um modo econômico de produção não linear. O grande desafio consiste em projetar produtos visando uma produção circular, restauradora e regenerativa, via design, onde os produtos, seus componentes e materiais possam atingir sua maior utilidade e valor, em todos os seus momentos (desde a extração da matéria prima até virar um resíduo), como cita Mello (2002). Aplicar essas ferramentas no desenvolvimento de produtos artesanais pode contribuir com o fortalecimento do setor.

As práticas artesanais consistem em atividades herdadas desde o período de colonização do Brasil e foram sendo transformadas e repassadas de geração em geração, pelos artesãos, ao longo dos séculos (SILVA, 2009). Para Lima (2007), a produção artesanal ocorre, na sua maioria, numa conjuntura familiar ou comunitária, de tal modo que possibilita a transferência de conhecimentos de processos e de técnicas que os associam a tradição, conferindo-os um valor cultural, preservando a memória da comunidade. Para Azevedo (2012), os processos artesanais no meio rural representam um complemento de renda familiar, como uma atividade realizada por mulheres, na maioria, e inserida às suas atividades domésticas, conforme o tempo e ritmo. Reitera que contribui com a fixação da população rural, evitando o êxodo rural e o crescimento desordenado das cidades.

No Nordeste brasileiro, encontra-se boa parte do rico legado artístico e artesanal do país. No Ceará, por exemplo, existe uma ampla variedade de tipologias e técnicas, sendo o interior, responsável pela perpetuação dessa herança cultural. O Estado conta com o Programa de Desenvolvimento do Artesanato Cearense, que atua no fomento, formação e comercialização do artesanato cearense. Um marco determinante para o setor foi o Art. 2 da Lei 13.180 de 22 de outubro de 2015 (BRASIL, 2015), que regulamenta e dispõe sobre a profissão de artesão, determina que umas das diretrizes básicas da profissão é a integração da atividade artesanal com outros setores e programas de desenvolvimento econômico e social. Desta forma, o propósito deste estudo consistiu em apresentar uma alternativa para utilização de resíduos sólidos oriundos do cultivo da banana a partir do desenvolvimento de produtos artesanais.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no segundo semestre do ano de 2014, com um grupo de mulheres de uma comunidade rural do município de Barbalha – CE, e seguiu algumas etapas a partir de uma adaptação da metodologia do *design*, proposta por Mozota (2003), que vislumbra 5 etapas (Quadro 1). Nas duas primeiras etapas, buscou-se evidenciar as potencialidades e as fraquezas da comunidade, a partir da realização de um diagnóstico rápido participativo (DRP), onde os sujeitos da pesquisa pontuaram tais elementos. Na sequência, a fase de exploração foi desenvolvida uma coleção de produtos e realizados testes de beneficiamento do resíduo.

Quadro 1. Metodologia do design

	Etapas	Objetivo	Resultados
0	Investigação		
1	Pesquisa	Ideia	Reunião de referências, problematização.
2	Exploração	Experimentos	Esboços de ideias, testes de fabricação da fibra, testes de tramas.
3	Desenvolvimento	Protótipo/ Detalhamento	Documentos de execução, protótipos.
4	Realização		
5	Avaliação	Teste	Capacitação do grupo

Já na fase de desenvolvimento, com a colaboração de uma artesã mestre na técnica de trançado, foram desenvolvidos protótipos das peças, a fim de elucidar quaisquer falhas do projeto. Por fim, as duas últimas etapas consistiram nos testes com o grupo, a partir de uma capacitação com a técnica e avaliação do projeto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Investigação e Pesquisa

O contato com o grupo foi intermediado pela Central de Artesanato do Ceará - Ceart, instituição do governo responsável pelo desenvolvimento das práticas artesanais no Estado, através do Programa de Desenvolvimento do Artesanato do Ceará, que contrata equipes técnicas para o diagnóstico, o desenvolvimento e a capacitação das comunidades produtivas. Composto por vinte mulheres da Associação de Agricultores do Sítio Rua Nova, distrito de Caldas, Barbalha-CE, o grupo buscava uma fonte de renda extra, que não necessitasse ausentar de seus lares. Durante o diagnóstico, procurou-se evidenciar quais as potencialidades do grupo para o desenvolvimento de práticas artesanais, analisando aspectos como afinidade do grupo com as técnicas e disponibilidade de matéria prima na comunidade, com o intuito de diminuir os custos de produção.

Ao fim do processo de diagnóstico, constatou-se que a comunidade dispunha de uma quantidade expressiva de cultivares de banana que gerava resíduos e podiam ser utilizados na composição de peças artesanais. Folhas e pseudocaules acumulados eram facilmente observados. Quando indagadas sobre a forma de descarte desses resíduos, as agricultoras informaram que parte era deixada no cultivar em forma de cobertura morta e o excedente era retirado e queimado. Vale ressaltar que a comunidade está localizada ao sopé da Chapada do Araripe.

4.2 Exploração e Desenvolvimento

Após a problematização, seguiu-se a fase exploratória e de desenvolvimento dos produtos, a partir dos resíduos da bananeira. Foi realizada uma sistematização de similares e tipos de fibra vegetais, definindo os elementos que estariam presentes nas peças, conceito e *mix* de produtos (Luminária, Puff Baú, Nicho, Revisteiro e Almofada). Assim, foi determinado que seria utilizado na composição das peças os resíduos das folhas e do pseudocaule, aliando ao fio de algodão cru, que serviria como auxiliar no aumento da resistência dos produtos.

Na sequência, com o auxílio da mestra artesã Francisca Sales – que trabalhava com a tipologia há 16 anos – seguiu-se para os testes de beneficiamento dos resíduos. Os resíduos do pseudocaule foram utilizados para a produção das fibras de bananeira, de acordo com o modelo proposto por Luna e Justo (2016) com 5 etapas (Figura 4). Os resíduos das folhas foram desbastados e colocados para secagem ao sol.

Figura 4. Beneficiamento dos resíduos da bananeira



Fonte: Luna e Justo (2016)

Ainda durante a fase de desenvolvimento, foram produzidos os protótipos dos produtos, última fase do projeto antes de retornar à comunidade. Nesse momento, as propostas foram corrigidas e validadas para, na sequência, serem apresentadas na capacitação tecnológica do grupo.

4.3 Realização e Avaliação

O processo de capacitação teve duração de 30h distribuídas ao longo de uma semana. Foi conduzida pela artesã Francisca Sales, responsável pela execução dos protótipos e supervisionado por um designer responsável pela criação da coleção. Esta aconteceu na comunidade, na residência de uma das agricultoras, e seguiu as seguintes etapas: apresentação da coleção e protótipos, beneficiamento dos resíduos, fabricação das peças. Foi importante a participação do grupo em todas as etapas, para que ao fim, estivessem aptas a executá-las.

A coleção foi composta por 5 peças de médio porte, sendo proposto que ao fim da capacitação, fossem produzidos dois exemplares de cada peça, totalizando dez unidades. Para isso, as mulheres se dividiram em duplas e foram revezando em cada produto, para se familiarizarem com cada um (Figura 5). Após a apresentação da coleção, conceitos e protótipos (2h), seguiu-se para o processo de beneficiamento dos resíduos (4h) – apenas demonstração, as fibras para a execução dos produtos foram fabricadas na fase de desenvolvimento – na sequência, revestimento das armações e

encordoamento das peças com o fio de algodão (4h), trançado das peças com a fibra de bananeira (10h).

As últimas 10 horas foram reservadas para a fase de finalização e avaliação do resultado. A partir da aptidão e disposição de cada uma, foi dividida a equipe de costura, crochê e montagem das peças. Ao fim do processo, foi solicitado que cada dupla apresentasse seu produto, e foi realizado um momento de diálogo sobre todo o processo de capacitação.

Figura 5. Capacitação tecnológica



Fonte: Próprio Autores

4.4 Avaliação das Atividades

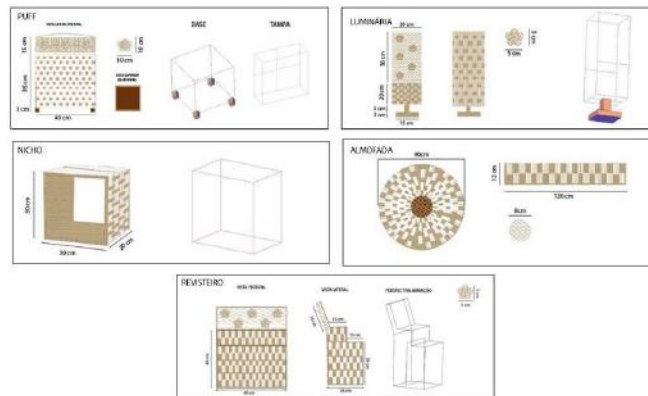
A utilização dos resíduos da bananicultura na produção artesanal apresentou um resultado satisfatório. O grupo obteve um bom desempenho ao trabalhar com o material e as propostas de técnicas utilizadas no processo de produção das peças, conforme pode ser observado ao comparar as peças executadas durante a capacitação (Figura 6) com as peças projetadas (Figura 7).

Figura 6. Produtos executados na capacitação pela comunidade



Fonte: Próprio Autores

Figura 7. Projeto do conjunto de peças



Fonte: Próprio autores

As fibras e fios obtidos a partir do beneficiamento dos resíduos do pseudocaule da bananeira apresentaram melhor efeito de cores/ tonalidades e melhor trabalhabilidade para execução das técnicas de trançado e crochê, respectivamente, pois demonstraram ser de fácil manipulação e possuem um brilho que favorece o resultado final das peças.

Desse modo, as fibras compuseram todas as peças, a partir do entrelaçamento com fios de algodão em armações de madeira (exceto a almofada), isto é, as mesmas foram responsáveis pelo preenchimento de cada produto. Já os fios compuseram as peças: *puff*, revisteiro, luminária e almofada, mais especificamente na construção dos adornos de tais peças como elementos em forma de flores e telas (Figura 8).

Figura 8. Flores e telas decorativas das peças em crochê com fios dos resíduos



Fonte: Próprio Autores

Já os resíduos da folha da bananeira, por serem mais opacos, mais frágeis e menos maleáveis, foram utilizadas como enchimento na peça almofada, fazendo um resgate as memórias da própria comunidade, onde havia o costume de utilizar-se da técnica para fabricação de colchões.

A abundância do material e seu baixo custo foram pontos positivos que proporcionaram a viabilidade econômica para produção das peças visando a comercialização dos produtos. Além disso, a localização do grupo favorece o escoamento da produção, tendo em vista que o mesmo se situa próximo a estância hidromineral do Caldas distrito de Barbalha-CE, área onde o fluxo de turista é intenso durante todo o ano. Vale ressaltar que a produção do grupo também foi comercializada através das lojas da Central de Artesanato do Ceará em Fortaleza-CE, o que contribuiu para ampliação do mercado. Para Bedante (2004), os consumidores têm levado em consideração as questões ambientais ao tomar a decisão de compra, devido ao aumento da percepção e a consciência ambiental. Isso

evidencia que os produtos desenvolvidos a partir dos resíduos da bananicultura podem suprir as demandas de consumidores denominados de “socialmente conscientes”.

Segundo Jacobi e Bensen (2011), um dos grandes desafios que a sociedade moderna enfrenta na atualidade em relação aos resíduos sólidos é destinação ambientalmente correta destes. Os pesquisadores que estudam a gestão dos resíduos sólidos vêm tentando desenvolver medidas mitigadoras para a crescente produção de material descartado, através da educação ambiental e de sistemas de produção embasados nos conceitos da economia circular. Diante desse contexto, a incorporação dos resíduos oriundos do pseudocaule e folhas da bananeira na produção de produtos artesanais mostrou ser uma medida adequada como destinação ambientalmente correta de tais resíduos. Isso contribuiu para um aumento da utilidade desses materiais, conforme os conceitos de um sistema econômico circular de produção, tendo vista que as fibras, fios e folhas que outrora eram considerados resíduos, passam a ser considerados como matéria prima ao serem inseridos em outro sistema de produção que no caso é o artesanato.

Essas medidas, além de proporcionarem um tratamento e destinação adequada para os resíduos da bananicultura, possibilitam a redução de impactos ocasionados por medidas equivocadas que ainda são comuns nos dias de hoje, no meio rural de regiões semiáridas do Brasil, que é prática da queima dos resíduos. Vale salientar que muitas vezes as comunidades rurais de tais localidades optam por determinadas práticas, não necessariamente por falta de conhecimento, mas sim por falta de maiores recursos financeiros e tecnológicos para manejo dos resíduos de suas lavouras.

A experiência vivenciada com os resíduos da bananeira relatadas neste trabalho pode refletir ainda mais na educação ambiental da comunidade. As ações podem ser estendidas aos resíduos domésticos. Ademais, as comunidades rurais no semiárido brasileiro, geralmente, não são atendidas pelo serviço público de coleta, ou ainda, quando são atendidas, os serviços são disponibilizados a cada quinze dias ou uma vez por semana. Para Darolt (2002), “o trabalho de coleta de lixo na área rural ainda é insuficiente, atingindo apenas 13,3% dos domicílios brasileiros”. Isso colabora para que seja recorrente também a prática da queima dos resíduos domésticos pelos habitantes dessas localidades, conforme relatado por Lima et al. (2005).

O grupo foi formado predominantemente por mulheres, cuja renda era parcialmente ou integralmente advinda de programas sociais de distribuição de renda. Durante o diálogo final de conclusão da capacitação, o grupo demonstrou-se surpreso com o resultado obtido, as mesmas não imaginavam ser possível a fabricação das peças com o uso do “tronco” da bananeira, que era considerado como “lixo”. Além disso, foi possível evidenciar o potencial da produção artesanal no empoderamento socioeconômico feminino através da geração de novas oportunidades de obtenção de renda e, assim, fazer com que as mulheres possam atuar como protagonistas de suas histórias e na construção dos rendimentos financeiros de seus meios familiares.

5. CONCLUSÃO

Foi possível utilizar os resíduos da bananicultura, mais especificamente o pseudocaule e as folhas, de forma sustentável na produção de peças artesanais por uma comunidade do Sítio Rua Nova localizada em Barbalha no Cariri cearense. A prática desenvolvida na comunidade para confecção de tais produtos visou respeitar os valores socioculturais da mesma, contribuir para o seu desenvolvimento econômico e mitigar impactos ambientais gerados por seus meios de produção, atendo ao conceito de desenvolvimento sustentável. Os valores socioculturais foram respeitados na prática pois utilizou-se técnicas presentes na tradição regional como o trançado e o crochê. Os valores econômicos foram levados em consideração, pois a prática visou contribuir para geração de renda, através da comercialização dos produtos. Os valores ambientais foram incorporados no modo de produção da comunidade pois a prática objetivou mitigar o problema do impacto gerado pelo grande volume de resíduos produzido nos seus bananais.

A coleção de produtos artesanais, ao utilizar os resíduos da bananeira, contribuiu para um desenvolvimento econômico circular da comunidade de agricultores familiares e artesãos do Sítio Rua Nova, situada em Barbalha-CE, fazendo com que os materiais descartados na produção da banana fossem incorporados como matéria prima na produção de artesanato. A origem do resíduo, em relação a morfologia da bananeira, influenciou na produção de aplicáveis a técnicas artesanais, sendo as fibras e os fios provenientes do pseudocaule mais adequados para práticas de trançado e de crochê. As folhas não apresentaram compatibilidade com nenhuma das técnicas artesanais utilizadas neste trabalho, servindo apenas como material para enchimento.

REFERÊNCIAS

Agência de Desenvolvimento do Ceará – ADECE. Perfil da produção de frutas Brasil-Ceará 2013. Ceará: ADECE, 2013. Disponível em: http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/perfil_da_producao_de_frutas_brasil_ceara_2013_frutal.pdf. Acessado em: 01/05/2017.

AZEVEDO, L. X. de. **O design e as políticas de apoio ao artesanato um estudo de caso sobre a relação de patrocínio do grupo Teares Alegria pela Caixa Econômica Federal**. 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Design) – Centro de Artes e Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BEDANTE, G. N. **A influência da consciência ambiental e das atitudes em relação ao consumo sustentável na intenção de compra de produtos ecologicamente embalados**. 2004. 159f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BORGES, A. L.; SOUZA, L da S. (ED). **O Cultivo da Bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. 279p.

BRASIL. **Lei 13.180** de 22 de outubro de 2015.

CAÇÃO, M. M. de F.; AFERRI, G.; MARTINS, A. N.; Utilização dos resíduos da bananicultura na alimentação de ovinos. **Pesquisa & Tecnologia**, Campinas, v.8, n. 2, Jul-Dez, 2011.

CARVALHO, G. F. **Consumo de frutas: um estudo exploratório**. 1998. 229f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual Paulista, Piracicaba.

- COELHO, R. R. P.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E. D.; Alterações dos componentes nutricionais do pseudocaule da bananeira quando processados visando sua transformação em palmito. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande – PB, v.3, n.1, p.21-30, 2011.
- CORIOLO, L. N.; BARBOSA, L. M. Rede de territórios solidários e turismo de base local no Ceará – Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v.2, Número Especial EGAL, p. 1-26, 2011.
- DAROLT, M. R. **Lixo rural: entraves, estratégias e oportunidades**. Ponta Grossa: IAPR-Instituto Agrônômico do Paraná, 2002.
- DINIZ, T. T.; GRANJA-SALCEDO, Y. T.; OLIVEIRA, E. M. de; VIEGAS, C. R.; Uso de subprodutos da bananicultura na alimentação animal. **Rev. Colombiana Cien. Anim.**, v.6, n. 1, p. 194-212, 2014.
- FERREIRA, T. C. Preceitos ecológicos do Padre Cícero: uma visão agroecológica. **Polêm!ca revista eletrônica**, v.13, n. 4, p.1532-1546, 2014.
- GERASSEV, L. C.; MOREIRA, S. de J. M.; ALVES, D. D.; AGUIAR, A. C. R.; MONÇÃO, F. P.; SANTOS, A. C. R. do; SANTNA, C. J. L.; VIEGAS, C. R. Viabilidade econômica da utilização dos resíduos da bananicultura na alimentação de cordeiros confinados. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.14, n.4, p.734-744, out./dez, 2013.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011
- IPECE – **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará: Caracterização territorial – Meio ambiente**. Disponível em: www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/126x.htm . Acessado em: 13/05/2017.
- IPECE-**Perfil Básico Regional de 2014**. Disponível em: www2.ipece.ce.gov.br/estatística/Perfil_Regional_R8_Cariri_Centro_Sul_2014.pdf. Acessa.-do em: 13/05/2017.
- LIMA, A. A. de; FARIAS, M. S. S. de; LIRA, V. M. de; FRANCO, E. S.; SILVA, M. B. R. da. Lixo Rural: O caso do município de João Alfredo (PE). **Caminhos de Geografia**, v. 6, n. 16, 2005.
- LIMA, R. **Objetos: Percursos e escritas esculturais**. São José dos Campos – SP: Centro de Estudos da Cultura Popular/ Fundação Cultural Cassiano Ricardo, 2010.
- LUNA, S V. S.; JUSTO, J. L. Experimentos utilizando a fibra de bananeira para fins têxteis. **Projetica**, v. 7, n. 2, p. 37-52, 2016.
- MAIA, B. G. de O.; SOUZA, O.; MARANGONI, C.; HOTZA, D.; OLIVEIRA, A. P. N. de; SELLIN, N. Production and characterization of fuel briquettes from Banana leaves waste. **Chemical Engineering Transactions**, v.37, p. 439-444, 2014.
- MANICA, I. **Fruticultura Tropical 4, Banana**. Editora Cinco Continentes. Porto Alegre. 485f. 1997.
- MARTINS, A. N.; FURLANETO, F. de P. B. Bananicultura: Pesquisas voltadas para a agricultura familiar. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 2, p.77-86, 2008.
- MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v.9, n.1, p.41-64, 2006.
- MELLO, M. C. A. de. **Produção mais limpa: um estudo de caso na AGCO do Brasil**. 2002. 113f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MOZOTA, B. de. **Design Management: Using design to build brandvalueandcorporateinnovation**. New York, Allworth Press, 256 p. 2003.

NAVEIRO, R. M.; PACHECO, E. B. A. V.; MEDINA, H. de V. Ecodesign: O desenvolvimento de projeto de produto orientado para reciclagem. In: **Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. 2005.

QUEIROZ, I. da S. Região metropolitana do cariri cearense, a metrópole fora do eixo. **Mercator**, v.13, n.3, p.93-104, 2014.

SILVA, E. K. R. da. Design e artesanato: um diferencial cultural na indústria do consumo. **Actas de Diseño**, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, 2009.

SOFFNER, M. L. A. P. **Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SOUZA, R. O. de. As políticas públicas de turismo no Brasil e no Ceará entre 1990-2010 e suas contribuições para o desenvolvimento econômico e social. **Caderno de Cultura e Ciência**, v.12, n.2, p.116-132, 2013.

6.7 CULTIVO DE COGUMELO COMESTÍVEIS EM RESÍDUOS URBANOS LIGNOCELULÓSICOS ORIUNDOS DE PODA, NO ALTO SERTÃO PARAIBANO

LUNA-GURGEL, Giliara Carol Diniz de

Universidade Federal de Campina Grande, Campus Cajazeiras (UAETSC/CFP/UFCG)
giliara.carol@ufcg.edu.br

LIMA JÚNIOR, José Ferreira

Universidade Federal de Campina Grande, Campus Cajazeiras (UAETSC/CFP/UFCG)
ferreirajunior@cfp.ufcg.edu.br

ALUSTAU-FERNANDES, Maria do Carmo

Universidade Federal de Campina Grande, Campus Cajazeiras (UAETSC/CFP/UFCG)
maria.alustau@ufcg.edu.br

LUNA, Ysa Helena Diniz Morais de

Universidade Estadual de Campina Grande(UEPB)
ysa_luna@outlook.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o cultivo de *Pleurotus spp.* em substrato oriundo de resíduos urbanos de poda paisagística de *Azadirachta indica* A. Juss, conhecida popularmente como Neen, disponíveis no alto sertão paraibano. Reconhece-se como objeto de estudo o desempenho do substrato selecionado em relação à velocidade de crescimento micelial de *Pleurotus*. Utilizou-se para tanto a metodologia de medição da velocidade de crescimento micelial em tubos. As cepas apresentaram, como esperado, crescimento visível somente à partir do 2º dia, e atingiram os 13mm de miceliação em diferentes tempos: cepa DF33 em 20 dias, cepa POR em 17 dias, cepa PSC em 18 dias. Foi possível concluir que a utilização de substrato à base de *Azadirachta indica* A. Juss, resultante de podas paisagísticas urbanas favorece a miceliação em tubos e sugere que este resíduo tem potencial para o cultivo de cogumelos comestíveis do gênero *Pleurotus*.

PALAVRAS-CHAVE: Basidiomicetos, Rejeitos Lignocelulósicos, Ensino Significativo.

1. INTRODUÇÃO

Pleurotus spp., popularmente, conhecido como cogumelo ostra é um decompositor primário de madeira e resíduos vegetais, podendo ocorrer naturalmente em florestas tropicais e subtropicais ou sendo cultivados artificialmente em substratos lignocelulósicos (WU et al., 2004). Este gênero tem sido estudado intensivamente em muitas partes do mundo pelo seu valor gastronômico, propriedades organolépticas e habilidade em colonizar e degradar uma grande variedade de resíduos lignocelulósicos (PIŠKUR et al, 2011), apresentando ainda potencial utilização de recursos naturais, por apresentar ciclo relativamente curto em comparação com outros gêneros de cogumelos comestíveis. Além do mais, seu cultivo é viável em ambiente rústico de produção, onde as exigências ambientais e estruturais são poucas (BONATTI et al., 2004; EIRA, 2004).

Segundo MANDEEL et al. (2005), diferente de outros cogumelos *Pleurotus* spp. são fáceis, rápidos e baratos para cultivar, pois requerem pouco tempo de preparação e baixa tecnologia de cultivo. Um dos fatores determinantes no cultivo de cogumelos é a seleção de substratos para produção, em que de acordo com TISDALE et al. (2006), materiais adequados, tanto biológica como economicamente, são fundamentais para o sucesso do cultivo. Vários resíduos lignocelulósicos são descritos como substratos para o cultivo destes, tais como palhas de cereais, bagaço de cana-de-açúcar, serragens, casca de frutas, folhas de bananeira, restos de papel, resíduos cítricos, polpa de café, entre outros.

Um grande número de fungos comestíveis tem a habilidade de colonizar os resíduos e degradar a lignina presente, além da hemicelulose e celulose, sendo a taxa de decomposição dependente da espécie e da temperatura. Estes tipos de fungos são considerados como agentes primários de decomposição porque são capazes de utilizar os resíduos vegetais em sua forma original sem que haja qualquer processo de degradação bioquímica ou microbiológica pregressa. Entre os agentes de decomposição primária mais efetivos figuram as espécies de *Pleurotus* (BONATTI et al, 2004), que podem ser produzidos em um curto período de tempo a baixo custo, em áreas reduzidas, necessitando para tanto de tecnologia simples. Trata-se de uma alternativa produtiva ainda mais vantajosa quando se leva em conta que após o cultivo e colheita dos cogumelos, o resíduo do substrato apresenta relação Carbono:Nitrogênio (C:N) diminuída, podendo ser utilizado como nutriente para os solos, empregando o conceito de máximo aproveitamento do material e do mínimo acúmulo de resíduos (TELLO, et al 2016).

Segundo Fu et. al., (2015), o cultivo de espécies de *Pleurotus spp* a partir de substratos derivados de rejeitos é uma excelente alternativa no sentido de minimizar os impactos da biomassa residual oriunda das atividades agrícolas, industriais e do ambiente urbano, já que neste último, diversos são os rejeitos que podemos considerar como potenciais substratos para o cultivo de basidiomicetos, a exemplo de resíduos de papel e papelão, bem como o resultado das podas das árvores que compõem a paisagística das cidades. Podemos considerar ainda resíduos domésticos como cascas de frutas, verduras e borra de café, em detrimento de sua composição química favorável ao crescimento e produção de cogumelos comestíveis.

Sendo assim, neste estudo, busca-se responder a questão norteadora: “há potencial de aproveitamento de resíduos urbanos disponíveis na região do Alto Sertão Paraibano para o cultivo de cogumelos comestíveis?”. Para tanto, reconhece-se como objeto de estudo o desempenho do substrato selecionado, em relação à velocidade de crescimento micelial de *Pleurotus*.

O objetivo deste estudo foi avaliar o cultivo de *Pleurotus spp.* em substrato oriundo de resíduos urbanos de poda paisagística da espécie vegetal *Azadirachta indica* A. Juss, conhecida popularmente como Neen, disponíveis na região do alto sertão paraibano, já que o desenvolvimento de uma técnica menos onerosa e simples do preparo de substrato para o cultivo de *Pleurotus spp.*, com base em um conjunto de informações tecnicamente consistentes, e a possibilidade de utilizar resíduos disponíveis em grande quantidade na região e atualmente não aproveitados, minimizando possíveis impactos ambientais, faz parte das contribuições deste estudo ao desenvolvimento desta cultura em expansão no Brasil, bem como abrir perspectivas para a cultura da economia circular e da eficiência do uso dos recursos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A habilidade de utilização e conversão de substâncias orgânicas a partir de substratos diversos é uma característica dos fungos, especialmente dos basidiomicetos, que incluem espécies de cogumelos comestíveis. Para estes, a base para a síntese de proteínas e substâncias de reserva, assim como a produção de energia advém de fontes de carbono como polissacarídeos, glicose, frutose, manose, óleos e ácidos orgânicos e especialmente da lignina (BONATTI et al., 2004). Esta particular característica confere aos cogumelos comestíveis relevante papel biotecnológico, tendo em vista que colaboram com a reciclagem e a transformação de matéria orgânica em compostos mais simples.

No Brasil, a produção e o mercado de cogumelos comestíveis inclui os basidiomicetos *Lentinula edodes* (shiitake), *Pleurotus ostreatus* (shimeji ou hiratake), *Agaricus bisporus* (champanignon-de-Paris) e *Agaricus blazei* (cogumelo-do-sol), que são cultivados em ampla variedade de substratos de composição lignocelulósica e atualmente são considerados promissores recursos biotecnológicos (PATIL et al., 2010), especialmente no que se refere ao aproveitamento de resíduos urbanos, industriais e agrícolas, com adequada relação C:N (Ueitele et al., 2014; Ogundele et al., 2014).

Os materiais lignocelulósicos representam em torno de 60% da biomassa vegetal existente são os materiais orgânicos disponíveis em maior quantidade na biosfera. Enquanto biomassa, podem ser divididos em grupos tais como: resíduos de colheitas, madeira de lei e de conífera, resíduos celulósicos, biomassas herbáceas e resíduos sólidos urbanos. Tais materiais apresentam composição variável em termos de lignina, hemicelulose e celulose, devendo-se tais alterações ao tipo de material considerado, e ao estágio vegetativo e idade do mesmo. Os resíduos de materiais lignocelulósicos podem ser usados para uma grande diversidade de atividades econômicas, tais como produção de alimentos e enzimas, insumos para a construção civil e indústria química, como combustíveis, dentre outras potencialidades.

Os resíduos lignocelulósicos provenientes das atividades agrícolas e industriais de grãos, madeira, papel, entre outras, e que são, na maioria dos casos subutilizados, são também denominados de biomassa residual (ROCHA, ALMEIDA, CRUZ, 2017). Segundo Demajorovic (1995) resíduos sólidos diferenciam-se do termo lixo porque, enquanto este último não possui nenhum tipo de valor, já que se trata daquilo que deve apenas ser descartado, aqueles possuem valor econômico agregado, por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo.

A utilização de tecnologias de cultivo acessíveis e rejeitos localmente disponíveis como substratos para o cultivo de cogumelos comestíveis pode ser uma opção para transformar resíduos em produtos de considerável valor de mercado (TESFAL; TADESE; KIROS; 2015). Neste contexto, *Pleurotus spp.* constituem, enquanto relevantes recicladores, alternativa consistente para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e configuram como potencial recurso para a produção de alimentação, já que são considerados como cultivos de ciclo curto, e são aptos a transformar resíduos lignocelulósicos em alimentos de grande qualidade nutricional para humanos, podendo ainda contribuir com o controle biológico de patógenos, e biorremediadores para o solo (BONATTI et al, 2004).

Apesar de ser cultivado comercialmente por menos de 30 anos, *Pleurotus spp.* se destaca pela sua rápida aceitação no mercado e pelo rápido crescimento do aparato agroindustrial relacionado a ele. Seu caso merece uma atenção especial: mais que qualquer outro gênero cultivado, devido à diversidade de substratos sobre os quais é capaz de crescer, permite corroborar o impacto benéfico de cultivar fungos para o aproveitamento de resíduos agrícolas (ELISASHVILI et al, 2003)

O curto período de colonização do substrato requerido por *P. ostreatus*, quando comparado a outros cogumelos comestíveis favorece o uso de tecnologias simples: o substrato utilizado para o seu cultivo não requer esterilização, sendo o processo de pasteurização, que é menos oneroso, suficiente para garantir a adequabilidade do substrato. Soma-se a isso o fato de que alto percentual dos substratos pode ser convertido em corpos de frutificação, gerando grande produtividade (TESFAL; TADESE; KIROS; 2015). Pela baixa exigência tecnológica, é uma cultura viável inclusive para situações em que não há formação específica para o cultivo dos mesmos, como agricultores ou cultivadores domésticos. Junte-se a isto o fato de que esta alternativa pode ser incluída sob a perspectiva da Economia Circular, que tem como objetivo conduzir, através de um modelo de negócios, ao desenvolvimento de uma sociedade mais harmoniosa (NAUSTDALSLID, 2014).

A economia circular é um dos últimos conceitos que aborda tanto conceitos econômicos como ambientais, objetivando transformar perdas em recursos (WITJES; LOZANO, 2016) sendo diferente do modelo de economia linear que domina a sociedade. Para promover a adoção de modelo de produção *closing-the-loop* a economia circular propõe a otimização da eficiência no uso dos recursos, especialmente aqueles oriundos da indústria e do ambiente urbano, a fim de proporcionar equilíbrio entre economia, desenvolvimento e sociedade (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI; 2016).

Numerosas atividades agrícolas e agroindustriais estão baseadas em sistemas de produção contínua de biomassa vegetal. Durante o desenvolvimento destas atividades produtivas são geradas, de maneira colateral, grandes quantidades de subprodutos da atividade central que não apresentam papel econômico definido. Dentro da ampla gama destes subprodutos agrícolas ou agroindustriais predominam aqueles de natureza lignocelulósica. Segundo PHILLIPOUSSIS et al. (2001), o tipo de substrato pode influenciar na velocidade de crescimento. Da mesma forma, MAZIERO et al. (1990) e RAGUNATHAN et al. (1996) também citaram que a velocidade de crescimento e o vigor são parâmetros que podem ser influenciados pela composição do substrato e pelas linhagens empregadas. Os materiais selecionáveis para a preparação de substratos para cultivo de *Pleurotus spp.* devem apresentar propriedades tais como boa disponibilidade em quantidade e em fluxo produtivo contínuo, conhecimento de suas características físico-químicas e regularidade na composição do mesmo, preço vantajoso de aquisição, disponibilidade em localização fácil e próxima, e facilidade de transporte e manejo (SÁNCHEZ, 2010).

3. METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório Multidisciplinar da ETSC/CFP/UFCG), no período de Janeiro a Março de 2017. Neste experimento foram utilizadas três linhagens de *Pleurotus spp.*, procedentes do Módulo de cogumelos/FCA/UNESP-Botucatu-SP. Estas linhagens, preservadas em óleo mineral, foram repicadas para meio ágar batata-dextrose (BDA) e incubadas a 28°C por 10 dias, até serem recuperadas.

O experimento foi realizado utilizando como substrato resíduos de poda de árvores da espécie *Azadirachta indica* A. Juss, conhecida popularmente como Neen, vastamente difundida na paisagem urbana da cidade de Cajazeiras- PB, onde realizou-se o estudo. Após a poda, os resíduos (partes lenhosas e folhosas) foram deixados em ambiente aerado e seco por 30 dias (processo de secagem), após o qual, teve início o seu preparo para o experimento laboratorial.

Na etapa de preparo do substrato, foi realizada a rehidratação prévia por 24 horas e em seguida, o escoamento do excesso de água. O substrato úmido foi colocado em tubos de ensaio, de dimensão 25x200mm, preenchendo 150mm do tubo. Na base de cada tubo foi colocado uma porção de algodão umedecido. Os tubos foram identificados e fechados com algodão, acondicionados em embalagens apropriadas e autoclavados à 121°C (1 ATM) por 30 minutos.

Após a esterilização dos substratos, em câmara de fluxo laminar, discos de cultura com 10mm de diâmetro, previamente preparados em meio de cultura ágar batata-dextrose (BDA) foram repicados para os tubos de ensaio contendo os substratos. Após a inoculação os tubos foram incubados a 28°C e foram realizadas observações e leituras a partir de 24 horas após a inoculação, seguindo-se as demais leituras com o mesmo intervalo, até a completa miceliação do substrato. As leituras consistiram em medições do crescimento micelial ao longo do tubo, em três pontos diferentes, com intervalo de 24 horas, utilizando-se régua milimetrada. A unidade experimental constou de um tubo, havendo 05 repetições para o tratamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados quantitativos podem ser observados na tabela 01. O vigor do micélio foi um aspecto qualitativo observado, em decorrência da fácil percepção de micélio de característica densa. Não foram observadas contaminações no interior dos substratos durante o ensaio. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as curvas de crescimento das cepas POR, PSC e DF33 respectivamente, representando os dados referentes à velocidade de crescimento diário, ajustados a modelos lineares. As cepas apresentaram, como esperado, crescimento visível somente à partir do 2º dia, e atingiram os 13mm de miceliação em diferentes tempos: cepa DF33 em 20 dias, cepa POR em 17 dias, cepa PSC em 18 dias.

Tabela 1. Resultados do experimento de miceliação em tubos em substrato *Azadirachta indica* A. Juss (Neem). Dados expressos em mm.

Cepas:	POR	PSC	DF33
dia 1	0,0	0,0	0,0
dia 2	2,06	2,6	3,13
dia 3	4,4	6,4	9,66
dia 4	7,53	12,93	14,73
dia 5	11,6	18,26	27,33
dia 6	16,46	25,2	36,07
dia 7	21,4	36,4	41,6
dia 8	27,73	46,0	53,4
dia 9	35,2	57,73	62,2
dia 10	47,13	69,73	71,6
dia 11	56,96	77,6	80,27
dia 12	67,26	87,2	91,47
dia 13	75,13	95,73	101,7
dia 14	86,93	101,0	111,7
dia 15	96,6	107,06	121,2
dia 16	107,0	116,8	128,1
dia 17	110,93	125,4	136,1
dia 18	120,73	133,2	140,8

Figura 1. Curva de crescimento da cepa POR em substrato *Azadirachta indica* A. Juss (Neem).

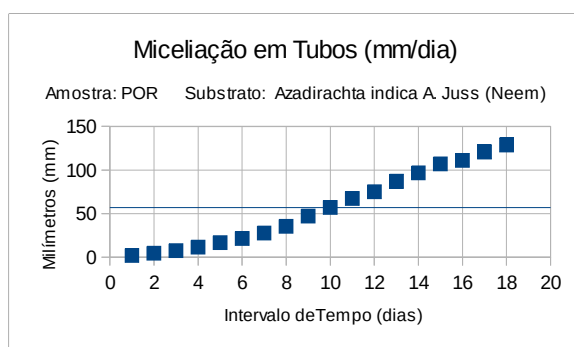


Figura 2. Curva de crescimento da cepa PSC em substrato *Azadirachta indica* A. Juss (Neem)

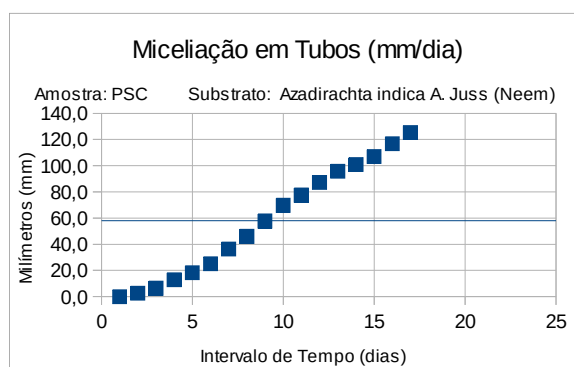
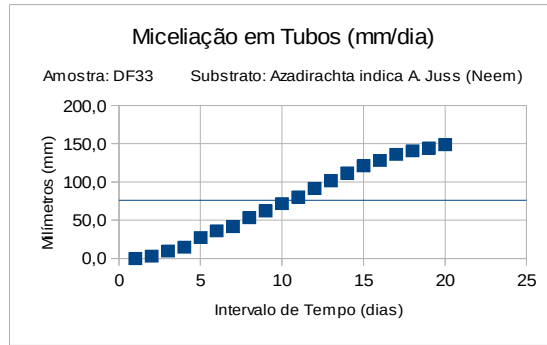


Figura 3. Curva de crescimento da cepa DF33 em substrato *Azadirachta indica* A. Juss (Neem).



A influência das características físicas e químicas dos substratos, no crescimento micelial de linhagens fúngicas, tem sido enfatizada em estudos (SALES-CAMPOS et al., 2008; DONINI et al., 2005; ÖZÇELİK; PEKSEN, 2007), assim como as diferenças de crescimento micelial entre linhagens fúngicas cultivadas em um mesmo tipo de substrato e nas mesmas condições de cultivo (ANDRADE et al., 2005; SILVA et al., 2005; MAKI et al., 2001; BOYLE, 1998). A eficiência da biodegradação por fungos varia em função da linhagem (ROYSE; SANCHEZ-VAZQUEZ, 2001). As diferenças de crescimento micelial entre linhagens fúngicas já foram relatadas por muitos pesquisadores (ANDRADE et al., 2005; MAKI et al., 2001; SILVA et al., 2005). DONINI et al. (2005), que avaliando a velocidade de crescimento micelial de linhagens de *Pleurotus* spp. em diferentes substratos, observaram diferenças significativas na interação entre linhagens, substratos e dias de avaliação. ANDRADE et al. (2005), ao avaliar o crescimento micelial de duas linhagens de *L. edodes* submetidas a dez tipos de meio de cultura, verificaram diferenças nas médias de crescimento micelial em todos meios de cultura testados.

A peculiaridade dos substratos quanto à capacidade de retenção de umidade define níveis de umidade diferentes para cada substrato utilizado para cultivo de cogumelos comestíveis. No presente estudo, o resíduo avaliado para a produção de *Pleurotus* spp. colaborou para um bom desempenho na corrida micelial. No que diz respeito à velocidade de crescimento, o desempenho da amostra DF33 apresentou os melhores resultados, completando a corrida do micélio em 17 dias. Concordando com estudos progressos (ANDRADE et al. 2005; DONINI et al. 2005; TEFAL, TADESE, KIROS, 2015), a viabilidade do uso de substratos compostos por rejeitos de alto teor lignocelulósico é uma alternativa produtiva de baixo custo e inserida na premissa da economia circular à partir dos potenciais benefícios à partir do equilíbrio entre economia, desenvolvimento e sociedade.

5. CONCLUSÕES

É possível concluir que a utilização de substrato à base de *Azadirachta indica* A. Juss, resultante de podas paisagísticas urbanas favorece a miceliação em tubos e sugere que este resíduo tem potencial para o cultivo de cogumelos comestíveis do gênero *Pleurotus*. Pode-se ressaltar ainda como conclusão que a viabilidade do uso de substratos compostos por rejeitos de alto teor lignocelulósico para o cultivo de basidiomicetos reforça uma alternativa produtiva de baixo custo e inserida na premissa da economia circular à partir dos potenciais benefícios oriundos do equilíbrio entre economia, desenvolvimento e sociedade.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. N. **Cultivo de *Agaricus blazei* Murrill ss. Heinemann**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2005.
- BONATTI, M. et al. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. **Food Chemistry**, v. 88, p. 425-428, 2004.
- BOYLE, C. D. Nutritional factors limiting the growth of *Lentinula edodes* and other white-rot fungi in wood. **Soil Biology Biochemistry**, v. 30, n. 6, p. 817-823, 1998.
- DEMAJORIVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. **Revista de Adm. De Empresas**, v.35, n.3, p. 88- 93, 1995.
- DONINI, L.P.; BERNARDI, E.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO, J.S. Desenvolvimento *in vitro* de *Pleurotus* sp. sob a influência de diferentes substratos e dextrose. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.72, n.3, p.331-338, 2005.
- EIRA, A.F. Fungos comestíveis. In: ESPOSITO, E. & AZEVEDO, J.L. (Eds.). **Fungos uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. Caxias do Sul: Educ, 510p. 2004.
- ELISASHVILI, V.; WASSER, S.P.; TAN, K.K. Effects of carbon and nitrogen sources in the medium on *Tremella mesenterica* Retz. Fr. (Heterobasidiomycetes) growth and polysaccharide production. **Int. J. Med. Mushrooms**, v.5, n.1, 48-56, 2003.
- FU, L., McCALLUM, S.A., MIAO, J., HART, C., TUDRYN, G.J., ZHANG, F., LINHARDT, R.J. Rapid and accurate determination of the lignin content of lignocellulosic biomass by solid-state NMR. **Fuel**. v.141, p.39-45, 2015.
- GHISELLINI,P; CIALANI,C; ULGIATI,S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems, **Journal of Cleaner Production**, v.114, p. 11-32, 2016.
- MAKI, C. S.; TEIXEIRA, F. F.; PAIVA, E.; PACCOLA-MEIRELLES, L. D. Analyses of genetic variability in *Lentinula edodes* through mycelia responses to different abiotic conditions and RAPD molecular markers. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, n. 3, p. 170-175, 2001.
- MANDEEL, Q.A.; AL-LAITH, A.A.; MOHAMED, S.A. Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.21, p.601-607, 2005.
- MAZIERO, R. **Substratos alternativos para o cultivo de *Pleurotus* spp.** 1990. 136p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 1990.
- NAUSTDALSLID, J., Circular economy in China e the environmental dimension of the harmonious society. **Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.**, 4509, p. 1-11, 2014.
- OGUNDELE, G. F.; ABDULAZEEZ, R. O.; BAMIDELE, O. P. Effect of pure and mixed substrate on Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Science**, v.2, n.2S, p. 215-219, 2014.
- ÖZÇELİK, E.; PEKSEN, A. Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). **Bioresource Technology**, v. 98, n. 14, p. 2652-2658, 2007.
- PATIL, S.; AHMED, S.; TELANG, S.; BAIG, M. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (JACQ.:FR.) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. **Innovative Romanian Food Biotechnology**, v.7, p.66-75, 2010.
- PHILIPPOUSSIS, A.; ZERVAKIS, G.; DIAMANTOPOULOU, P. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvaceae* and *Pleurotus* spp. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.17, p.191-200, 2001.

PIŠKUR, B.; BAJC, M.; ROBEK, R.; HUMAR, M.; SINJUR, I. KADUNC, A.; OVEN, P.; REP, G.; AL SAYEGH P. S.; KRAIGHER, H.; JURC, D.; POHLEVEN, F. Influence of *Pleurotus ostreatus* inoculation on wood degradation and fungal colonization **Bioresource Technology**, vol.102, n.22, p.10611-10617, 2011.

RAGUNATHAN, R.; GURUSAMY, R.; PALANISWAMY, M.; SWAMINATHAN, K. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. **Food Chemistry**, v.55, p.139-144, 1996.

ROCHA, M. S. R.; ALMEIDA, R. M. R. G.; CRUZ, A. J. G. Avaliação do potencial energético de resíduos agroindustriais provenientes de diferentes regiões brasileiras. **ENGEVISTA**, V. 19, n.1, p. 217-235, Janeiro 2017.

ROYSE, D. J.; SANCHEZ-VAZQUEZ, J. E. Influence of substrate wood-chip particle size on shiitake (*Lentinula edodes*) yield. **Bioresource Technology**, v. 76, n. 3, p. 229-233, 2001.

SALES-CAMPOS, C.; EIRA, A. F.; JESUS, M. A.; CAMPAGNOLLI, F.; ANDRADE, M. C. N. Crescimento micelial de *Pleurotus ostreatus* em resíduo de *Simarouba amara*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1633-1635, 2008.

SÁNCHEZ, C.. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.85, n.5, p. 1321- 1337, 2010

SILVA, E. M.; MACHUCA, A.; MILAGRES, A. M. Effect of cereal brans on *Lentinula edodes* growth and enzyme activities during cultivation on forestry waste. **Letter in Applied Microbiology**, v. 40, n. 4, p. 283-288, 2005.

TELLO, I.; MONTIEL, E.; ROMERO, O.; NAVA, E.; LEON, I. Comparative Mycelial Growth of *Pleurotus djamor* and *Pleurotus ostreatus* in Culture Media. **Journal of Pure & Applied Microbiology**, vol.10, n.4, p.2563-2569,2016.

TISDALE, T.E.; MIYASAKA, S.C.; HEMMES, D.E. Cultivation of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on wood substrates in Hawaii. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.22, p.201-206, 2006.

UEITELE, I.; KADHILA-MUANDINGI, N.; MATUNDU, N. Evaluating the production of *Ganoderma* mushroom on corn cobs. **African Journal of Biotechnology**, v. 13, n.22,p. 2215-2219, 2014.

WU, J.Z.; CHEUNG, P.C.K.; WONG, K.H.; HUANG, N.L. Studies on submerged fermentation of *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Singer. Part 2^o effect of carbon-to-nitrogen ratio of the culture medium on the content and composition of the mycelial dietary fiber. **Food Chemistry**, v.85, p.101-105, 2004.

6.8 VISÃO SISTÊMICA DA RECUPERAÇÃO DA ÁREA DO ANTIGO LIXÃO DE CRUZ DAS ALMAS EM MACEIÓ - AL

SILVA, Celene Alves da

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE)
celenealves@hotmail.com

JUCÁ, José Fernando Thomé

Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco (GRS/UFPE)
jucah@ufpe.br

CALLADO, Nélia Henriques

Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos e Recuperação de Áreas Degradadas (GERSRAD/UFAL)
nelia.callado@yahoo.com.br

RESUMO

A problemática da alta geração de resíduos sólidos somada às dificuldades de gerenciamento levam a uma realidade presente em diversos municípios brasileiros, quando o assunto é destinação final de resíduos, dando origem aos conhecidos “lixões”. Em Maceió não foi diferente, e o descarte dos resíduos se tornou um grande problema ambiental. Visando avaliar os principais impactos e o processo de recuperação dessa área degradada através de uma revisão de literatura, levantamentos e relatórios técnicos foram obtidos dados da área em estudo, tanto geotécnicos quanto dos resíduos depositados, assim como as práticas desenvolvidas ao longo das décadas de funcionamento do Antigo Vazadouro de Maceió (lixão) até o seu fechamento. Comprovou-se uma degradação representativa da área e seu entorno, mas que, após o seu encerramento, algumas ações emergenciais mitigaram a degradação gerada, marcando o início de um longo processo de recuperação que ainda está em andamento.

PALAVRAS-CHAVE: Remediação de Vazadouros, Resíduos Sólidos, Monitoramento Ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é tida como um atributo inerente ao homem podendo ocasionar problemas ambientais e de saúde quando não há o uso de métodos adequados para o manuseio, tratamento e disposição final (VILAR et al., 2015). A história mostra que o acúmulo irregular desses materiais associado à falta de recursos e tecnologias levaram ao aterro do lixo como destinação final ideal, e a prática da compostagem desde 2500 anos antes de Cristo na Mesopotâmia, assim como no ano de 150 em Roma e na Idade Média na Europa. E a partir da preocupação com a saúde pública surgiu a necessidade do aprimoramento das técnicas de manejo dos resíduos (LIMA, 2004).

Embora a inquietação por maior rigor no trato com o lixo seja antiga, apenas na década de 80 foi dado início a elaboração de ferramentas legais e regulamentadoras acerca da gestão e gerenciamento dos resíduos, bem como da exploração dos recursos e formas de produção. Esse conjunto de normas desperta um novo olhar não apenas sobre os rejeitos gerados pela sociedade, mas seu comportamento e consequência para o meio ambiente. Nasce uma preocupação para a descoberta de novas formas de destinação final ambientalmente adequadas, eficientes e viáveis às comunidades nas quais estejam inseridas sob o olhar exigente e fiscalizador da sociedade (VILAR et al., 2004).

Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída através da lei 12305/10 e regulamentada por meio do Decreto Federal nº 7404 de dezembro de 2010 surgiu uma ferramenta norteadora em todos os âmbitos do trato com o chamado Resíduo Sólido Urbano (RSU), o qual, segundo a PNRS, só deve ter como destino final o aterro sanitário, incineração ou outro meio adequadamente adotado, apenas quando não puder ser tratado ou recuperado utilizando os meios tecnológicos disponíveis e viáveis economicamente. Além disso, esta Política estabeleceu que até o ano de 2014 os lixões deveriam ser encerrados.

De acordo com Boscov (2008), os RSU são aqueles oriundos das mais diversas atividades desenvolvidas nas cidades, seja em estabelecimentos residências ou comerciais, ruas e praças. Conhecer a origem e composição dos RSU possibilita interpretar as características quali-quantitativas, como as físico-químicas, o potencial econômico da massa de lixo, assim como seu comportamento mecânico, hidráulico e bioquímico, facilitando a escolha do melhor sistema de coleta, tratamento e destinação final. Um sistema de tratamento de RSU inexistente, mal dimensionado ou até mal gerenciado pode gerar sérios danos ao meio ambiente, à saúde humana ou a outro bem que necessita ser protegido, em alguns casos podem até ser irreversíveis.

Essas áreas podem, e devem ser remediadas ou recuperadas com o intuito de devolvê-las à comunidade na qual estão inseridas de forma a terem um uso salutar para o ser humano, com riscos minimizados a padrões aceitáveis, além de proporcionar a recuperação ambiental total ou parcial. Dependendo da técnica escolhida, as medidas de remediação podem ser desenvolvidas dentro ou fora da área contaminada com o objetivo de tratar, conter ou reduzir a concentração do contaminante. Segundo o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2017) destacam-se como técnicas de remediação o tratamento térmico, solidificação, estabilização, biorremediação, fitorremediação, transformação química e atenuação natural.

Em Maceió, foi implantado na década de 1920 um sistema de compostagem de tratamento de lixo denominado de “Sistema Beccari”, o qual funcionou até a década de 50, quando foi abandonado por não mais atender as necessidades locais, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo. Os resíduos sólidos coletados passaram então a ser depositados no entorno da área, a céu aberto, dando início ao lixão de Maceió. Em 1990, a área do lixão sofreu intervenções com o intuito de minimizar os impactos ambientais causados pelo lixão, e de transforma-lo num aterro controlado, que funcionou durante 10 anos. Em 2004, diante do impacto causado pelo lixão de Maceió, a Prefeitura Municipal de Maceió firmou convenio com a Universidade Federal de Alagoas, para estudo de seleção de áreas para o futuro aterro sanitário de Maceió e traçar as diretrizes para a recuperação da área degradada do lixão. Em 2010 o lixão foi encerrado quando o novo aterro sanitário de Maceió entrou em operação.

Dentro deste contexto, o presente trabalho visa avaliar o processo de recuperação da área degradada do antigo vazadouro da cidade de Maceió, abordando os principais impactos existentes no período de funcionamento do lixão e as ações remediação implantadas, e seu reflexo não só de ordem técnica, mas também para a comunidade no entorno do lixão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define o RSU como materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p.2).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), os contaminantes dos RSU podem ser transportados e propagados por diversos meios: sólido, líquido ou gasoso. Uma vez degradada, a implantação de medidas remediadoras conforme exigidas nas legislações vigentes se faz imprescindível. Porém, com relação ao gerenciamento de áreas contaminadas (GAC), apenas a partir da Resolução CONAMA nº 420 de 2009, obteve-se legislações mais específicas para referenciar tanto as empresas poluidoras quanto os profissionais da área (MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014). A resolução supracitada traz o seguinte conceito:

Contaminação: presença de substância(s) química(s) no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas, em concentrações tais que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para os usos atual ou pretendido, definidas com base em avaliação de risco à saúde humana, assim como aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico (BRASIL, 2009, p.3).

Para Samuel-Rosa et. al. (2012) o processo de contaminação da área utilizada para deposição final dos RSU inicia com a decomposição, tendo como principal contribuição os gases e chorume gerados por resíduos animais e vegetais. A situação se agrava quando o despejo é realizado em local inadequado, sem nenhum preparo para coletar e tratar o chorume e o lixiviado gerados pela massa de lixo, contribuindo significativamente para a contaminação do solo e dos recursos hídricos adjacentes superficial e subsuperficial, potencializando a dispersão dos contaminantes tanto no ambiente quanto em outros pontos mais afastados. Essa preocupação levou a estudos de processos

naturais atenuantes mais eficientes no tratamento dos contaminantes presentes no lixiviado, beneficiando tanto os aterros antigos quanto novos (MONTEIRO, 2005). O fato é que o avanço tecnológico somado ao conhecimento científico vem permitindo a descoberta de métodos cada vez mais eficientes no tratamento de lixiviados.

Para Boscov (2008) a degradação das águas subterrâneas tem como principal agente a contaminação do solo seja de maneira direta através de fertilizantes, pesticidas, entre outros, ou indireta por meio da combustão de carvão, incineração de lixo, descarte inadequado de resíduos, etc. Em geral o movimento do contaminante no solo é lento podendo levar anos ou séculos para alcançar o corpo hídrico a depender da permeabilidade do meio (solo ou rocha). Mamedes (2016) afirma que a deposição de RSU no solo também promove alterações significativas no mesmo, aumentando a quantidade de macro e micronutrientes, transformação de propriedades químicas como o pH, quantidade de Matéria Orgânica e CTC, propagando os danos à fauna e à flora do local degradado.

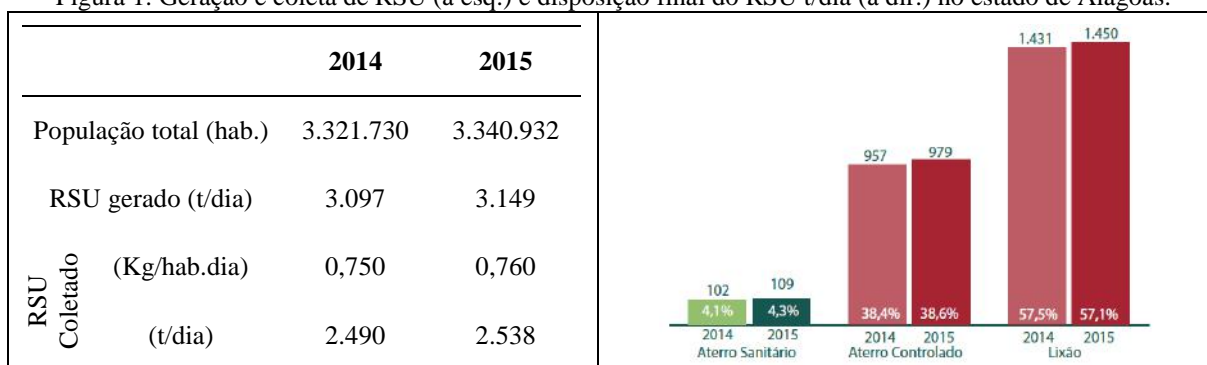
Como disposição final pra os RSU, Lima (2004) define que isto acontece em áreas cuja operação ocorre três categorias: Aterro Comum ou à céu aberto, cujo descarte é feito diretamente no solo, ficando exposto sem qualquer recobrimento ou tratamento prévio, também conhecido como “Lixão” ou Vazadouro; Aterro Controlado, quando há uma camada de solo cobrindo os resíduos mas também não possui as demais condições exigidas pelos órgãos ambientais; e o Aterro Sanitário propriamente dito, cujo projeto e operação atende a todas as legislações vigentes. Em aterros sanitários, são informações relevantes o número de habitantes da região estudada e seus níveis de estabilidade, a expansão física da área urbana, a influência econômica e o aumento na produção *per capita* dos resíduos.

No que diz respeito ao tratamento, a compostagem é um sistema de tratamento físico e biológico dos resíduos indicado apenas para resíduos orgânicos ou, no caso de resíduos sólidos urbanos, após uma triagem prévia (SANTOS, 2009). O sistema de compostagem desenvolvido por Giovanni Beccari em 1922 foi adotado por algumas cidades brasileiras na década de 1930 como tratamento de seus resíduos, e consistia no confinamento dos resíduos em células fechadas, provocando a decomposição anaeróbia. Após essa etapa, introduzia-se um fluxo contínuo de ar transformando o ambiente anaeróbio predominantemente aeróbio, acelerando o processo de decomposição cujo período de fermentação durava aproximadamente 40 dias (LIMA, 2004).

O PNSB realizado em 2008 apontou que os municípios brasileiros pesquisados estão inseridos em um dos três grupos a seguir: realizam destinação de resíduos sólidos, não realizam e os que não realizam nem o manejo de seus resíduos, independentemente da cobertura e frequência (VILANOVA NETA, 2011). De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2015 p. 36), os 1794 municípios da região Nordeste geraram, em 2015, cerca de 55.862 toneladas/dia de RSU, das quais 78,6% foram coletadas. Para Alagoas, a ABRELPE publicou um comparativo entre os anos de 2014 e 2015 com relação à geração e coleta de RSU, bem como a disposição de seus resíduos, conforme representado na (Figura 1).

Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas – PERS (2016), os municípios alagoanos foram agrupados de maneira a facilitar a elaboração de estudos regionais, originando sete regiões de planejamento que posteriormente tiveram seus respectivos Consórcios Públicos instituídos para a gestão dos resíduos sólidos.

Figura 1. Geração e coleta de RSU (à esq.) e disposição final do RSU t/dia (à dir.) no estado de Alagoas.



Fonte: Pesquisa ABRELPE / IBGE (2015).

De acordo com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH/AL (2017), Maceió é o único município com Aterro Sanitário construído e em operação há 7 anos, quando foi encerrado o antigo lixão. Shinzato (2014), relata que as recentes Pesquisas Nacionais de Saneamento Básico mostram uma redução no índice de municípios brasileiros que declaram descartar seus resíduos em locais inadequados, mas também aponta uma consequência preocupante dessa mudança de gestão, que é o crescimento do número de vazadouros abandonados cujo quantitativo real ainda é desconhecido no Brasil. Em geral não possuem um plano de recuperação e monitoramento, além de prevalecer os diagnósticos efetuados através de métodos indiretos por falta de estrutura e de dispositivos de controle ambiental como contenção, drenagem e tratamento de efluentes. T tamanha escassez generalizada leva à falta de informações de qualidade a respeito desses lixões e aterros controlados brasileiros, estando ou não em operação.

De acordo com Lanza (2010) em áreas que de aterro de lixo fora de operação devem ser feitas algumas considerações para o uso futuro. Mesmo reabilitadas essas áreas continuam com a permanência dos resíduos aterrados cujo processo de decomposição continuará por muitos anos, podendo chegar a décadas, mesmo após o encerramento das atividades de deposição. Lanza (2010) alega que não é indicada a construção de edificações sobre os depósitos de lixo desativados devido à baixa capacidade de suporte do terreno e à possibilidade de infiltração de gases com alto poder combustível e explosivo (metano), exceto quando houver respaldo técnico especializado, baseado em estudos geotécnicos e resultados de monitoramento de gases, atestando a segurança estrutural e ambiental, do novo empreendimento.

Além disso, Mondelli et. al. (2016) cita que é primordial uma investigação geoambiental para orientar de maneira adequada o melhor reuso da área degradada, após a conclusão da remediação. Boscov (2008) considera que o monitoramento geoambiental uma ferramenta valiosa, pois possibilita o acompanhamento massa de lixo tanto no que se refere ao seu comportamento geotécnico quanto no controle da sua segurança estrutural e ambiental, além de possibilitar uma avaliação dos modelos de previsão adotados. No entanto, Shinzato (2014) pondera que embora haja diretrizes que abordam o assunto, encerramento e pós-encerramento dos lixões e aterros controlados, não há uma convergência entre os valores sugeridos como referência, possibilitando a escolha equivocada de técnicas ineficientes de remediação pelos gestores públicos, geralmente as áreas já bastante degradadas são fechadas e abandonadas.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A área de estudo é o antigo lixão de Maceió, capital do estado de Alagoas, localizada no nordeste do Brasil. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017), Maceió é uma cidade com área territorial de 509.552 km² e população aproximada de 1.021.709 habitantes que tem uma geração de RSU estimada para 2017 em torno de 1.141,11 t/dia. O antigo “lixão” de Maceió, está localizado no bairro de Cruz das Almas, completamente inserido na área urbana da cidade, com uma vista privilegiada para o mar. A (Figura 2) ilustra a localização da área de estudo.

Figura 2. Localização do antigo lixão de Maceió.



Fonte: Gersrad (2004).

3.2 Procedimento

A etapa do desenvolvimento do trabalho envolveu pesquisas bibliográficas e visitas de campo a área de estudo, com o intuito de validar as informações obtidas (registros fotográficos) e entrevistar a população circunvizinha. Primeiramente, realizou-se uma pesquisa exploratória utilizando tanto o relatório final sobre o “Gerenciamento integrado para transferência e destino final dos resíduos sólidos urbanos de Maceió”, quanto o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas - PERS (2016). Foram também utilizados livros, teses, dissertações, revistas e periódicos da área para compor toda a estrutura teórica do trabalho.

O Relatório Final sobre o gerenciamento integrado para transferência e destino final dos resíduos sólidos urbanos de Maceió, foi o resultado de um convenio efetivado entre a Prefeitura Municipal de Maceió, através da Superintendência de Limpeza Urbana de Maceió (SLUM) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), por meio do Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos e Recuperação de Áreas Degradadas (GESRAD), cujo objetivo era selecionar áreas para implantação do futuro aterro sanitário de Maceió e elaboração do diagnóstico ambiental do atual vazadouro de Cruz das Almas e a recuperação de sua área degradada.

E numa segunda etapa foi realizado o levantamento de informações pós-fechamento do lixão junto à SLUM através de relatórios de gerenciamento fornecidos pela empresa gestora da área em

estudo, bem como visitas técnicas ao local do antigo vazadouro de Cruz da Almas, para verificar as ações implementadas para recuperação da área.

Finalmente, através de uma análise sistêmica envolvendo o levantamento histórico do uso área, dos principais impactos existentes na época do fechamento, das ações de recuperação da área degradada implementadas, e da percepção dos pesquisadores envolvidos, foi feita uma avaliação da remediação dos impactos causados pelo antigo lixão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Levantamento Histórico do Uso da Área

A utilização da área do antigo lixão de Maceió teve início na década de 1920, não como um lixão, mas sim como uma área de tratamento de RSU por meio da implantação de um sistema Beccari. De acordo com Santos (2009), o sistema Beccari implantado em Maceió atendeu à demanda municipal eficientemente por 30 anos, pois os resíduos gerados eram essencialmente orgânicos. Porém, à medida que os hábitos de consumo da população se modificavam e a densidade populacional crescia, o sistema Beccari foi gradativamente abandonado devido à redução do volume de resíduos orgânicos em detrimento do crescimento dos resíduos pouco degradáveis. Essa alteração na composição dos resíduos produziu um sistema que se tornou inadequado, sendo desativado em 1967 conforme a (Figura 3).

Figura 3. Vista superior do sistema Beccari de Maceió em 1940.



Fonte: Gersrad (2004).

Com o fechamento definitivo do sistema Beccari de tratamento, o local passou a receber os resíduos e depositá-los no terreno a sua volta, sem nenhum tratamento prévio do solo, os caminhões simplesmente faziam o descarte em qualquer lugar da área. A cidade cresceu juntamente com o número de habitantes e o bairro que antes era distante, agora estava completamente inserido na zona urbana de Maceió. Esse terreno, que mais tarde se tornou no lixão de Maceió, também chamado de vazadouro estava inserido no bairro de Cruz das Almas, na bacia hidrográfica do Riacho das Águas do Ferro que desaguava na praia que fica a cerca de 2 km. De acordo com o Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos e Recuperação de Áreas Degradadas - Gersrad (2004), a área do lixão abrange 33 ha, dos quais 22 ha já eram ocupados pela massa dos resíduos sólidos urbanos depositados entre o período de 1967 até 2004, com volume estimado de 700.000 m³, chegando a atingir a cota de 65,0 e altura aproximada de 30 m.

Conforme Monteiro (2005) *apud* PMM/COBEL (1996), estudo geotécnicos mostram que a área onde se encontra o antigovazadouro de Maceió possui formação sedimentar da Era Cenozóica, Período Terciário - Grupo Barreiras, ocorrendo sedimentos de praia, além de areno-argilosos e aluvião com presença de arenitos. Quanto ao solo apresenta três unidades: podzólicos/latossolos, no topo do tabuleiro, cuja composição argilo-siltosa há predomínio das cores amarelo e vermelho; coluviais, na encosta de vale e terraço aluvionar, apresentando composição de areia silte-argilosa de cor variada; e areias quartzosas, nos cordões litorâneos.

Segundo o Gersrad (2004), uma tentativa de biorremediação foi realizada em 1994 com a elaboração de um projeto que dividia a área do vazadouro em 8 células, instalação de 21 drenos de gás e a reestruturação dos taludes na área voltada para o fundo de vale, pois o terreno tem geometria retangular, de maneira geral, com frente voltada para o mar e fundos voltados para um vale com elevada declividade, a partir da sua região central. Mas o projeto não funcionou como biorremediação e sim como uma reestruturação para um aterro semi-controlado.

Após 10 anos dessa reestruturação, o projeto já mostrava sinais de colapso com a área parcialmente cercada, não possuía drenos de base para lixiviado, drenos de gás aterrados pelo lixo, iluminação precária, falta de rampas e vias adequadas para o tráfego de veículos. Foi então construída (em 2003) mais uma nona célula, visando aumentar a “capacidade” da área até a implantação do futuro aterro sanitário. Em 2004, o vazadouro já recebia 1100 toneladas diárias de resíduos que eram simplesmente empurradas pelo trator, que no inverno ocorriam desmoronamento dos taludes devido à escassa compactação (GERSRAD, 2004). A (Figura 4) mostra a configuração da área em 2003 e na (Figura 5) é possível verificar a evolução no volume de RSU de 1994 a 2003, tomando como ponto de referência a guarita.

Figura 4. Vista superior do vazadouro de Cruz das Almas.



Fonte: Gersrad (2004). CF: Campo de Futebol; BAL: Balança; ESC: escritório; BECC: Antigo Sistema Beccari; OM: Oficina Mecânica; C1 a C8: Células de aterro de resíduos sólidos; C9: célula emergencial com dimensões (100m x 100m x 10m).

Figura 5. Altura do lixo em relação à balança de pesagem em 1993 (à esq.) e 2003 (à dir.).



Fonte: Gersrad (2004).

4.2 Principais Impactos Existentes na Época do Lixão

Em meados de 2003 a área utilizada para deposição final dos resíduos da cidade de Maceió já apresentava sinais de colapso, além de condições severas de risco à saúde humana e contaminação ambiental. De acordo com GERSRAD (2004), o vazadouro não possuía sistema de drenagem em sua base ou pé dos taludes de maneira a viabilizar a captação e posterior tratamento do lixiviado gerado, favorecendo o afloramento de lixiviado no pé dos taludes formando uma lagoa de lixiviado na base do vazadouro, como apresentado na (Figura 6). Durante o período chuvoso essa lagoa transbordava, contaminando o Riacho das Águas de Ferro.

Figura 6. Lagoa de lixiviado na base do vazadouro.



Fonte: Gersrad (2004).

Após análise química do lixiviado produzido pelo vazadouro, encontrou os seguintes valores médios para DQO: 4.220 mg/L na vala do pé de célula, 35.500 na célula e 48.000 mg/L no dreno de gás. Essa diferença é justificada para Sá, Jucá e Motta Sobrinho (2012) pela conversão dos componentes biodegradáveis em metano e CO₂ à medida que os anos vão passando, pois o lixiviado oriundo de resíduos novos apresenta características como: pH ácido, concentrações elevadas de DBO e DQO, microrganismos patogênicos e uma variedade de compostos com relevante potencial tóxico (GERSRAD, 2004).

De maneira semelhante, o GERSRAD (2004) obteve valores médios mais elevados das concentrações de sólidos totais dentro da célula, assim como dentro dos drenos de gás. Sendo eles, respectivamente, 35.500 mg/L e 58.00mg/L, enquanto na vala de pé de célula foi de 6500mg/L. Replicando o comportamento decrescente, o pH médio varia da alcalinidade no interior da célula com o valor de 8,1 à acidez do lixiviado já percolado e depositado na vala ao pé da célula como o valor de 5,7. Entretanto, os valores de N-NH₄ (Nitrogênio Amoniacal) para a mesma sequência foram crescentes: 275 mg/L, 445 mg/L, 590mg/L. Esses resultados comprovam as afirmativas de Fornieles (2012) quanto à composição e tratamento do chorume:

A composição do chorume varia conforme a idade do aterro e em função do tipo de resíduo. O tratamento deve garantir a remoção dos contaminantes (DQO, DBO, amônia e metais pesados), mas nem sempre é suficiente para que o efluente possa ser lançado em corpos d'água (FORNIELES, 2012).

Mondelli, Giacheti e Hamada (2016) afirmam não haver, ainda, valores limites oficiais para demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade, condutividade elétrica (CE), etc., sendo estes considerados importantes indicadores na avaliação do grau de poluição e contaminação das águas subterrâneas. Devido à falta de drenos de gás, a combustão espontânea era uma realidade levando o material particulado a atingir as residências próximas assim como o odor, e os gases atingiam os bairros vizinhos (Figura 7).

Figura 7. Fumaça proveniente da combustão do lixo do antigo lixão de Maceió.



Fonte: Slum (2008).

Em agosto de 2003 foram perfurados dois poços piloto para investigar o potencial do gás gerado revelando uma composição de 60% de metano com pressões superiores a 5,2 mca indicando elevado potencial para aproveitamento energético, visto que ainda estava em operação (GERSRAD 2004).

O estudo da composição do lixo que chegavam ao lixão revelaram que 50% dos resíduos eram orgânicos, mas embora os dados obtidos sejam inspiradores para a possibilidade da utilização do maciço de lixo como matéria prima na transformação do metano em energia elétrica, Zulauf (2004) afirma que esse aproveitamento seria muito limitado devido à forma de disposição sem drenagem ou controle, sendo necessários significativas adaptações técnicas e posteriormente iniciar um processo captação e geração de energia. Ele ainda alerta para o fato de que lixões encerrados há mais de 5 anos, sem possibilidade de ampliação para futuros depósitos de RSU adequadamente, inviabiliza economicamente o projeto.

Do ponto de vista social, de maneira análoga ao que acontece nos demais lixões à céu aberto em todo o país, a atividade de catar lixo no vazadouro de Cruz das Almas (Figura 8) se tornou a única fonte de renda para muitas famílias que foram se aglomerando no entorno da área ao longo dos anos.

Figura 8. Catadores abordando o caminhão no vazadouro de Maceió.



Fonte: Gersrad (2004).

Adultos e crianças vivendo em condições sub-humanas, correndo riscos de contrair doenças, convivendo com insetos, roedores, urubus, expostas à criminalidade local e ao crescente uso de drogas na região, acidentes com os caminhões de lixo, entre outros, como mostra a (Figura 8). Entre 2002 e 2003 o número de catadores no vazadouro passou de 300 para 572, divididos entre segregação e comercialização de recicláveis, a presença deles dificultava ainda mais o espalhamento e compactação dos resíduos pelos caminhões (GERSRAD, 2004).

Apesar da implantação do Programa de Erradicação do Trabalho Infantil no local cuja soma de crianças e adolescentes atendidos chegava a 208, muitos catadores levavam os filhos para o

vazadouro após o horário de estudos e até à noite. Com isso, a SLUM, na tentativa de reduzir os riscos de acidentes e a violência local, criou normas tanto para o acesso ao local quanto para a cooperativa existente e subsidiada pelo órgão. Além disso, muitos esforços foram empreendidos de 1999, na tentativa de transformar o lixão em um Aterro Controlado e assim mitigar os danos causados, porém estudos revelaram que o vazadouro só teria condições de receber os resíduos da cidade até 2007 (GERSRAD, 2004).

Entretanto, o mesmo só pode ser encerrado em 30 de abril de 2010, após a abertura da Central de Tratamento de Resíduos de Maceió – CTR Maceió no mesmo dia. Esse fato marcou o início das obras de remediação emergencial para mitigar o impacto causado ao longo dos anos naquela área. Além de ser um marco na execução de um projeto completo de recuperação da área do antigo Vazadouro de Cruz das Almas.

4.3 Ações de Recuperação da Área

O plano de recuperação da área degradada pela deposição inadequada dos resíduos de Maceió foi elaborado pelo GERSRAD (2004), como parte do relatório final contendo o diagnóstico ambiental do vazadouro de Cruz das Almas, além das diretrizes para elaboração do projeto do futuro aterro sanitário de Maceió, e das áreas indicativas para sua implantação. Nele foram recomendadas ações mitigadoras de caráter emergencial, dentre eles: Delimitação e cercamento total da área incluindo implantação de postes de iluminação; cobertura dos resíduos; retaludamento do maciço de resíduos seguido do plantio de grama; Construção do sistema de drenagem de águas pluviais, de gases, de lixiviado em todo o perímetro do vazadouro e tanques de coleta nos pés dos taludes; Construção de estrada de serviço; Controlar as formigas nas áreas de plantio e promover o enriquecimento vegetal do solo.

O relatório final elaborado pelo GERSRAD (2004) sugere a implantação um sistema de monitoramento ambiental, após o encerramento e remediações imediatas do vazadouro para acompanhar seu comportamento, com prazo determinado pelo órgão ambiental baseado nas características locais. Esses acompanhamentos permitem maior controle e verificação da eficiência das medidas adotadas para remediar a área degradada, sendo adotados no vazadouro de Maceió o monitoramento dos resíduos enterrados e seus recalques, dos recursos hídricos, climatológico, do lixiviado, dos gases e da cobertura vegetal do solo. Esses procedimentos também são abordados por Mondelli et. al. (2016) que citam que é primordial uma investigação geoambiental para orientar de maneira adequada o melhor reuso da área degradada.

Da mesma forma deve ser analisada a composição qualitativa dos gases emitidos determinando a concentração de metano no ar, em camadas próximas do solo. Analogamente a cobertura vegetal do solo deve ter sua fitotoxicidade verificada regularmente, bem como a contenção do solo proporcionada por tal cobertura, cujo objetivo é saber seu grau de fertilidade para correção e instalação de nova biomassa, sendo recomendadas caracterizações pedológica, fitossanitária e de biomassa da área do vazadouro de Cruz das Almas, Maceió/AL (GERSRAD, 2004).

Após a recuperação ambiental sugerida no relatório final do GERSRAD (2004), a área deveria ser transformada em um parque sócio ambiental como apresentado na (Figura 9), com a integração das edificações existentes, pós recuperação, sendo utilizadas para a implantação de uma central de triagem, usina de compostagem, casa de vegetação e um centro de educação ambiental,

envolvendo os inserção social dos antigos catadores do lixão. Considerações semelhantes são abordadas por Lanza (2010), o qual relata que a decisão a respeito do uso futuro da área recuperada necessita da aprovação do órgão ambiental competente, e recomenda a implantação de áreas verdes, com equipamentos comunitários e praças esportivas, campos de futebol, nos casos de locais próximos a áreas urbanizadas.

Figura 9. Planta esquemática do Parque Socioambiental.



Fonte: Gersrad (2004). Q: Quadras poli-esportivas; CP: Pista de cooper; P: Praça; TC: Tanques de contenção de lixiviado; CV: Casa de vegetação; AV: Área verde; E: Estacionamento; M: Mirante; UC: Usina de compostagem; CTE: Central de triagem e enfiamento; CEA: Centro de educação ambiental; OM: Oficina Mecânica; AD: Administração.

Os dados levantados e as visitas de campo revelaram que desde o encerramento em 30 de abril de 2010, o vazadouro de Cruz das Almas cumpre etapas de remediação, estabelecidas em documento prévio a sua desativação, objetivando a implantação do Parque Socioambiental, tais como a delimitação e cercamento parcial da área incluindo implantação de postes de iluminação; cobertura dos resíduos; retaludamento do maciço de resíduos, construção do sistema de drenagem de águas pluviais, de gases e de lixiviado, e tanques de armazenamento de chorume; construção de estrada de serviço, elaboração de diagnóstico socioambiental, entre outros (Figura 10).

O PMSB de Maceió/AL (2016) realizou uma avaliação através da matriz GUT, substituindo os critérios **G**ravidade, **U**rgência e **T**endência por critérios de: **S**ituação, **P**revisão e **E**ficiência, transformando-a em matriz SPE, como mostrado na (Tabela 1) que relaciona em sua matriz as ações sugeridas pelo GERAD (2004) e sua implementação, indicando o sucesso de execução (verde) ou a necessidade de maior atenção do poder público e gestores para aqueles de pontuação mais baixa (amarelo). A matriz mostra as ações emergenciais não foram cumpridas integralmente (situação < previsão), mas que algumas ações merecem atenção especial.

Figura 10. Ilustrações das ações emergenciais executadas no antigo vazadouro de Maceió.



Fonte: Gersrad (2004).

Tabela 1. Status das fases de recuperação do Vazadouro Cruz das Almas.

Caráter das ações	Ação	Situação	Previsão	Eficiência	Total
Emergencial	Delimitação e cercamento da área	2	5	1	8
	Cobertura dos resíduos sólidos	4	5	3	12
	Retaludamento	4	5	3	12
	Plantio de grama sobre os taludes	4	5	2	11
	Construção de sistema de drenagem de lixiviado	4	5	2	11
	Construção de tanques de coleta de lixiviado	2	1	2	5
	Construção de sistema de drenagem de gás	4	5	3	12
	Construção de estrada de serviço	4	5	2	11
	Construção de sistema de drenagem de águas pluviais	4	5	3	12
	Elaboração de diagnóstico sócio-ambiental*	3	1	2	6
	Controle de formigas cortadeiras nas áreas de plantio e replantio	4	5	1	10
	Enriquecimento vegetal do solo	4	5	2	11
	TOTAL AÇÕES EMERGENCIAIS		45	52	29

Fonte: PMSB de Maceió/AL (2016).

Em pesquisa realizada com a população do entorno do lixão (Vila Esperança, Vila do Vale e Sítio do S. Carlos), em outubro/2016, esta comentou que estão satisfeitos com o encerramento do lixão e que não sentem mau cheiro oriundo do lixão, com exceção dos moradores do Sítio de S. Carlos que falam que em períodos de chuvas existe odores. Porém, observa-se por parte dessa população circunvizinha ações de depredação, tais como retiradas de cercas e derrubadas dos muros, cavalos pastando a vegetação de cobertura e até furto de partes da manta de impermeabilização da lagoa de coleta de lixo por parte da comunidade vizinha, cuja realidade socioeconômica ainda sofre reflexos do modo de vida da época do lixão. Outro ponto importante é o monitoramento geoambiental da área do Vazadouro, que não tem sido realizado de forma sistemática, e alguns parâmetros não são avaliados. O levantamento realizado mostra que nem todas as ações de recuperação e monitoramento sugeridas foram implementadas por completo e que algumas merecem atenção tais como as ações de enriquecimento da cobertura vegetal e de inserção social dos antigos catadores.

5. CONCLUSÕES

A análise sistêmica mostrou que apesar de terem sido implementadas ações de remediação da área degradada, a área do antigo vazadouro de Maceió ainda apresenta fragilidades na sua remediação que vão além da remediação física da área, principalmente nas ações de monitoramento geoambiental. Houve uma significativa melhora no entorno, tanto nos aspectos visuais e físicos quanto sociais. Porém, a comunidade vizinha, ainda vive os reflexos do modo de vida da época do lixão, o indica a necessidade de uma inserção social de maneira digna e sustentável para que não venham a depredar as obras de remediação que são fundamentais para a qualidade não apenas das populações circunvizinhas ao vazadouro, mas de toda a sociedade maceioense.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2015**. São Paulo, 2015.

BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos. Disponível em: <www.planalto.gov.br/legislacao>. Acesso em: 26 mai. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009 – In: Resoluções, 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=62030>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

FORNIELES, J. Tecnologias como cobertura flutuante de geomembrana e osmose reversa são aplicadas em aterros sanitários da região sul do país. **Revista Limpeza Pública**, n. 82, p. 24-27, 2012. Disponível em: <<http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao82.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

GERSRAD – Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos e Recuperação de Áreas Degradadas. **Gerenciamento Integrado para transferência e destino final dos resíduos urbanos de Maceió**, Universidade Federal de Alagoas, Prefeitura Municipal de Maceió, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=_ES&codmun=270430&search=alagoas|maceio|infografico:s-dados-gerais-do-municipio>. Acesso em: 01 jun. 2017.

LANZA, V. C. V. **Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

LIMA, J. D.; JUCÁ, J. F. T.; NÓBREGA, C. C.; MARIANO, M. O. H.; CARVALHO JUNIOR, F. H.; LIMA, M. T. C. D. Modelo de apoio à decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na região nordeste do Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 6, n. 3, p. 11–28, 2013.

LIMA, L. M. Q. **Lixo, tratamento e biorremediação**. 3 ed. São Paulo: Hemus, 2004.

MAMEDES, I. M. Influência da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos sobre o solo: estudo de caso do lixão de Várzea Grande – MT. **R. Gest. Sust. Ambient**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 327-336, out.2016/mar. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Contaminadas**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas>>. Acessado em: 27 mai. 2017.

MONDELLI, G.; GIACHETI, H. L.; HAMADA, J. Avaliação da contaminação no entorno de um aterro de resíduos sólidos urbanos com base em resultados de poços de monitoramento. **Eng Sanit Ambient.**, v.21, n.1, p. 169-182, jan/mar 2016.

MONTEIRO, I. C. **Investigação de contaminação de água subterrânea por chorume proveniente de lixões – Estudo de caso para Maceió**. 2005. 62 f. Dissertação (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2005.

MORAES, S. L.; TEIXEIRA, C. E.; MAXIMIANO, A. M. de S. Etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas – GAC. In: _____. (Org.). **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: BNDES, 2014. p. 27-32.

PERS – Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas. **Panorama de resíduos sólidos do estado de Alagoas**. Vol. 1. Tomo 1. Disponível em: <<http://www.residuossolidos.al.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico de Maceió/AL. **Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos**. Fase II – Etapa 3. Revisão 3. Outubro/2016. p. 150-151.

SÁ, L. F.; JUCÁ, J. F. T.; MOTTA SOBRINHO, M. A. Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar. **Ami-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 204-217, 2012.

SANTOS, D. S. **Viabilidade do aproveitamento do lixo urbano da cidade de Maceió como alternativa energética**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

SANTOS, E. S.; MÁXIMO, R. **Relatório de execução das obras de recuperação do antigo vazadouro de Cruz da Almas**. V2 Ambiental SPE S/A, Alagoas, 2015.

SAMUEL-ROSA, A.; DALMOLIN, R.S.D.; COPETTI, A. C. C. A poluição causada por aterros de resíduos sólidos urbanos sobre os recursos hídricos. **UFSM Revista-Revista Ciência e Natura**. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2012.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH-AL. **Gestão Municipal – o município Maceió**. Disponível em: <<http://www.residuossolidos.al.gov.br/gestao-municipal/o-municipio>>. Acessado em: 27 mai. 2017.

SHINZATO, M. P. B. **Mobilização de poluentes no maciço de resíduos de lixão desativado.** 2014. 196f. Tese (Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VILANOVA NETA, M. A. **Manejo de Resíduos Sólidos.** Atlas de Saneamento: 2011 / IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. cap. 9. p. 1-2.

VILAR, M. O.; MACHADO, S. L.; CARVALHO, M. F. Resíduos Sólidos. In: ZUQUETTE, L. V. (Org.). **Geotecnia Ambiental.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p. 217-220.

ZULAUF, W. E. **Geração com biogás de aterros de lixo.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

6.9 REAPROVEITAMENTO DO ÓLEO DE FRITURA NA FABRICAÇÃO DE SABÃO SOB UMA VISÃO CTSA

SILVA, José Rafael da

Universidade Federal Rural de Pernambuco
joserafaeldasilva799@gmail.com

SILVA, Laís Caroline Pereira da

Universidade Federal Rural de Pernambuco
laiscl14@hotmail.com

SILVA, Maria de Cássia Pereira Pinto da

Instituto Educacional de Pernambuco (IEPE) e Escola Sementes da esperança
ladilsoncassia@hotmail.com

RESUMO

Inúmeras residências e estabelecimentos comerciais geram resíduos de óleo de fritura, e poucos são os que realizam a destinação correta. Este fato é consequência da falta de conhecimento dos efeitos que este material pode causar ao meio ambiente e também da pouca divulgação da possibilidade de reaproveitamento e de locais que realizem sua coleta. A presente pesquisa trata-se de um relato de experiência, desenvolvida em uma sala de aula de uma turma do 3º ano do ensino médio, com o objetivo de realizar o levantamento das concepções e levar a eles o conhecimento deste problema, além de realizar a produção de sabão artesanal utilizando o óleo de fritura coletado em suas residências, possibilitando o aprendizado do conteúdo, e a formação de cidadãos mais sensíveis e atuantes na preservação ao meio ambiente, seja realizando a destinação correta do óleo, ou produzindo seu próprio sabão artesanal.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental, Óleo de Cozinha, Ensino de Química.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais causados pela falta de gerenciamento dos resíduos gerados pelo homem são temas que devem ser, cada vez mais, discutidos na sociedade. A educação é um dos principais meios para a conscientização e formação de adultos capazes de se posicionar em discussões públicas de problemas que afetam o homem e a natureza.

Um grande poluidor do meio ambiente é o óleo de fritura utilizado na maioria das residências, lanchonetes e restaurantes. Ao ser lançado nas redes de esgoto, este material pode causar entupimento e mau funcionamento das estações de tratamento, impermeabilização do solo e contaminação da água, cada litro de óleo lançado ao meio ambiente pode contaminar cerca de 1 milhão de litros de água (FERNANDES et al., 2013). Pesquisas indicam que 1 milhão de litros de água pode ser consumido por uma pessoa por cerca de 14 anos, e que em média uma residência com 4 pessoas consome 1 litro de óleo por semana (FERNANDES, et al, 2013).

Já existem algumas alternativas para o reaproveitamento do óleo de fritura, como, a síntese de biocombustível, a transformação em cola e tinta de uso industrial, (ALBERICI; PONTES, 2004), e a fabricação de sabão caseiro. Neste último caso, sendo um produto obtido da hidrólise alcalina (Saponificação) de uma gordura de origem vegetal ou animal, como assinala Fernandes et al. (2013). Através do uso da visão Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), este trabalho tem como objetivo abordar em sala de aula o reaproveitamento do óleo de fritura para fabricação de sabões assim como os efeitos ambientais causados pelo seu descarte incorreto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

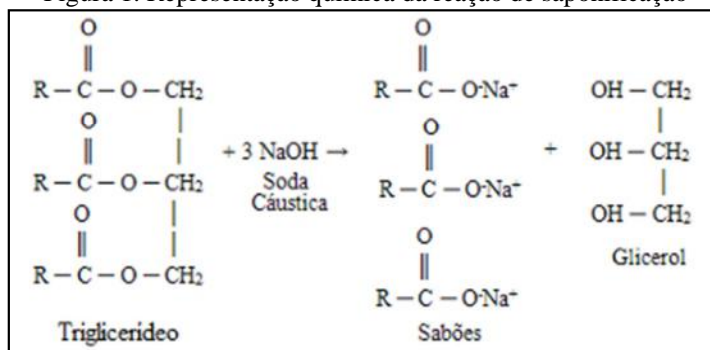
Trabalhar com química na sala de aula traz aos profissionais a oportunidade de muitas vezes adentrar em vários temas que envolvem o meio ambiente, e um dos assuntos de química que aborda um tópico a respeito do meio ambiente são as reações de saponificação, esse tipo de reação é o contexto específico no quesito “C” da abordagem CTSA deste trabalho.

“O ensino com enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) surgiu com um caráter crítico e envolvendo uma visão interdisciplinar entre as várias áreas do conhecimento, incentivando os questionamentos em relação às certezas absolutas da ciência. Este enfoque tem a intenção de promover a alfabetização científico-tecnológico em uma perspectiva ampliada, de maneira que os cidadãos tenham condições de tomar decisões responsáveis predominantes na sociedade contemporânea”. (MACHADO et al. 2016)

Os sabões são sais formados através da neutralização de ácidos graxos com uso de uma base à quente, geralmente hidróxido de sódio (NaOH), este tipo de reação pode ser observado na (Figura 1). Segundo Feltre (2004), o óleo de fritura é formado por ácidos graxos, que podem ser de origem vegetal (milho, soja, linhaça...) ou de origem animal (banha de porco, sebo de boi, óleo de mocotó...). A diferença existente entre óleos e gorduras está associada à consistência do glicerídeo. A forma como ele se apresenta a uma temperatura ambiente é influenciada pelo número de carbonos da cadeia do ácido graxo e o número de insaturações das moléculas, quanto maior o número de carbonos na cadeia carbônica e menor o número de insaturações, maior tendência terá para se apresentar no estado sólido à temperatura ambiente, sendo estas características das gorduras, e quanto menor o número de

carbonos na cadeia carbônica e maior o número de insaturações, maior tendência terá para se apresentar no estado líquido a temperatura ambiente, sendo estas características dos óleos. Isto ocorre devido às insaturações apresentarem natureza *cis* na geometria de 90% das moléculas, dificultando o empacotamento molecular na estrutura das gorduras, este empacotamento molecular permite que as gorduras se apresentem no estado sólido.

Figura 1. Representação química da reação de saponificação



Fonte: BELO et al., 2014

A hidrogenação de moléculas insaturadas, ou seja, de óleo, as converterão em moléculas de gordura, este é o processo de formação das margarinas. Através destas informações é possível observar as possibilidades de conteúdo teórico a serem trabalhados em sala de aula.

Em relação ao termo tecnologia, a primeira discussão consiste na escolha de qual material pode ser produzido a partir do óleo de fritura, pois cada produto tem uma tecnologia diferente de produção, uma alternativa para o reaproveitamento seria a produção de biodiesel, que possui propriedades de combustão bem próximas às do diesel. O biodiesel também possui uma grande importância ambiental por ser uma alternativa ao diesel do petróleo, fonte de energia não renovável, e por permitir a reciclagem de uma grande quantidade de óleo de fritura que iria contaminar a natureza. (AZEVEDO et al., 2013).

Um dos principais obstáculos enfrentados na realização do reaproveitamento do óleo de fritura é o pouco envolvimento da população em ações a favor da questão ambiental. Pesquisas indicam que apenas 40% do lixo que é produzido é reciclado e apenas 2,5% do óleo de fritura é reutilizado no Brasil (CÉSAR et al, 2016). Pode-se considerar que estes números são muitas vezes resultado do desconhecimento do problema. Este fato está associado a falta de investimentos em ações de conscientização e educação ambiental voltadas para o reaproveitamento do óleo de fritura e de outros resíduos sólidos que são descartados todos os dias no lixo e em locais inadequados. Apesar do pouco tempo que estes resíduos levam para se decompor, sua decomposição gera metano (CH₄), gás com poderoso potencial para aquecer o planeta, contribuindo para o aquecimento global. (AZEVEDO et al., 2013). A conscientização dos alunos sobre os efeitos causados pelo óleo de fritura lançado na rede de esgoto ou em outros locais, pode mostrá-los a possibilidade de fazer parte de uma sociedade que se preocupa com a preservação do meio ambiente, trazendo a possibilidade de mudança de sua atitude e a de sua comunidade.

A escolha da produção de sabão como uma forma de reciclar o óleo de fritura abre também oportunidade para que os alunos aprendam sobre as formas na qual o sabão pode ser formado, por exemplo: cilíndrico, cúbico, esférico, com cheiro, sem cheiro, amarelo, azul... e o estudante tem a

oportunidade de relacionar a forma de produção do sabão na sala de aula com as tecnologias utilizadas nas grandes indústrias observando também as dificuldades de produção.

3. METODOLOGIA

Foi utilizado como metodologia a sequência didática descrita na (Quadro 1), realizada em uma escola privada do município de Paulista-PE

Quadro 1. Sequência didática utilizada para as atividades

Projeto: Reaproveitamento do óleo de fritura com ênfase em CTSA					
Público Alvo: Alunos do 3º ano do ensino médio					
Aulas	Atividades	Objetivo	Tempo didático	Espaço físico	Recursos didáticos
1	- Avaliação do conhecimento dos alunos sobre o tema. Exibição de vídeos relacionados com o tema e debate em sala de aula sobre os problemas ambientais causados pelo descarte incorreto do óleo de fritura. - Discutir as opções para o seu reaproveitamento. Solicitar aos alunos a coleta do óleo de fritura em suas residências ou estabelecimentos comerciais próximos	Realizar discussões sobre os problemas ambientais causados pelo descarte incorreto do óleo de fritura, e tornar o aluno um participante ativo do projeto.	50 minutos	Sala de Aula	Questionário e Vídeos
2	Aula expositiva dialogada sobre a definição de ácidos graxos, a composição dos óleos e gorduras e a reação de saponificação entre o ácido graxo e a base.	Compreender a composição dos óleos e gorduras e como ocorrem as reações da saponificação	50 minutos	Sala de Aula	Quadro branco e piloto
3	Realizar o procedimento experimental de produção do sabão utilizando o óleo de fritura coletado pelos alunos.	Produzir o sabão utilizando o óleo de fritura reciclado	50 minutos	Laboratório	Materiais e reagentes descritos no procedimento experimental
4	Finalizar o procedimento experimental e discutir os resultados obtidos.	Discutir o projeto e os resultados obtidos na produção do sabão.	50 minutos	Laboratório	Não aplicável

Durante a aula 1 foi utilizado como avaliação do conhecimento prévio dos alunos o uso de um questionário que foi denominado como questionário de sondagem, onde o objetivo foi de avaliar a o conhecimento prévio dos alunos quanto ao descarte incorreto do óleo de fritura após o uso, dos

impactos ambientais causados pela sua presença na natureza e quanto as possibilidades de reaproveitamento deste material.

Este mesmo questionário também foi aplicado na aula 4 (momento final) do projeto, com o objetivo de confrontar as respostas dadas pelos alunos nos dois momentos, tanto no início quanto no final do trabalho. O questionário do (anexo 2) foi o utilizado durante as aulas 1 e 4, os resultados das respostas dos alunos serviram como base para a avaliação do atendimento de parte do objetivo, ou seja, da conscientização dos alunos quanto ao descarte incorreto do óleo de fritura.

A questão 1 do questionário de sondagem tem como proposta saber qual o descarte que os alunos dão ao óleo de fritura de suas residências no início do projeto, e este tem um impacto positivo na maneira como eles realizam esse descarte ao final do programa. A questão 2 serviu para avaliar se o aluno consegue relacionar o descarte do óleo como um problema ambiental, caso ele não consiga relacionar no início do projeto ele consegue relacionar no final? Responder esta questão é o objetivo da pergunta 2. A questão 3 visa observar o conhecimento prévio dos alunos quanto ao reaproveitamento do óleo de fritura usado no início e final do projeto. A questão 4 tem a finalidade de analisar se os alunos já têm um conhecimento prévio sobre a possível destinação do óleo para a fabricação de sabão caseiro ou biocombustível. A questão 5 tem o objetivo de avaliar se o aluno se sente envolvido com o tema que será trabalhado em sala de aula, no caso de as respostas terem um número maior de “ótimo” no final do que no início, é um indício de que os alunos se sensibilizaram com o tema e se sentem envolvidos com o problema. A questão 6 tem a finalidade de avaliar se os alunos se sentem à vontade para utilizar o produto derivado do que seria destinado como lixo, ou se antes do projeto ele usaria e depois do projeto não usaria já que no final do projeto ele conhece o processo de produção, ou se antes ele não usaria e depois ele usaria pela perca do preconceito após se relacionar com o tema. A questão 7 foi a única de forma aberta que visa de maneira geral avaliar a opinião dos alunos quanto ao tema, a partir das respostas dos alunos poderá se ter uma ideia melhor do que os mesmos pensam a respeito do projeto, do tema proposto, e de como ele se sente como integrante indivíduo que também participa do ciclo do óleo de cozinha.

Além do questionário, a aula 1 serviu também para apresentar aos alunos os problemas ambientais causados pelo descarte incorreto do óleo de fritura, a forma de abordagem é através da apresentação de 2 vídeos, sendo um de conteúdo lúdico explicativo disponibilizado pelo canal *Feel* animações do site www.youtube.com.br, que aborda a contaminação dos lençóis freáticos, formação de gás metano (CH_4) e inundações após a formação de crostas nas galerias formado pelo acúmulo de gordura, o segundo vídeo trata-se de uma reportagem do jornal hoje da emissora Rede Globo exibido no dia 13/09/2010, a respeito de entupimentos de galerias devido ao acúmulo de “massa de gordura” formada pelo despejo incorreto de óleo na pia e ralos domésticos.

A aula 2, consistiu em uma breve aula expositiva-dialogada sobre as características dos ácidos graxos, a diferença entre os óleos e gorduras, que ocorre nas suas estruturas moleculares. E também na demonstração da reação de saponificação para obtenção do sabão, esta etapa teve como principal objetivo disponibilizar aos alunos a fundamentação teórica para compreensão do experimento realizado na aula 3.

A aula 3, foi o momento de por em prática o experimento realizado pelos alunos sob supervisão do professor, é importante destacar que nesta atividade as pessoas que manipularam os materiais utilizaram os equipamentos de proteção individual (EPI) adequados como máscara e luvas. O sabão foi produzido de acordo com o procedimento a seguir:

Experimento: Fabricação de sabão utilizando óleo de fritura

Reagentes:

1kg de óleo de fritura usado;
140mL de água;
135g de soda cáustica em escamas.;
25mL de álcool etílico 70;
30mL de essência;

Materiais:

2 baldes de plástico de 10L;
1 Bastão;
Formas para modelagem do sabão;
Um pedaço de estopa 50x50cm;
Uma liga;
EPI:
Máscara de proteção;
Luvas de látex;
Óculos de segurança.

Procedimento experimental:

- Amarrar o pedaço de estopa na borda do balde de 10L utilizando a liga. E posteriormente filtrar o óleo de fritura para retirada das impurezas;
- No outro balde adicionar a água;
- Adicionar a soda cáustica ao balde da água, mexendo sempre até a sua completa dissolução;
- Adicionar o óleo filtrado ao balde da soda e misturar até obter uma mistura viscosa (cerca de 20 minutos);
- Adicionar a essência, homogeneizar;
- Adicionar o álcool e homogeneizar, transferir imediatamente após para as forminhas;
- Deixar o sabão nas forminhas até o seu completo endurecimento.

O sabão só deverá ser desenhado na aula seguinte, para o seu completo resfriamento e endurecimento. Após desenharem os sabões na aula 4, os alunos avaliaram o aspecto visual e a consistência do sabão para verificar se houve a completa saponificação do óleo. Neste momento também foi reaplicado o questionário da aula 1, como forma de avaliar a evolução das concepções dos alunos sobre o tema após a abordagem do conteúdo e experimento em sala. Também foram levantadas discussões em sala como forma de avaliar estas concepções.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto foi realizado com um total de 11 alunos. Na aula 1, após a aplicação do questionário para sondagem inicial, foram obtidos os resultados apresentados na (Quadro 2).

Quadro 2. Questões disponíveis no questionário utilizado na aula 1 e resultado de respostas dos alunos.

Questões	Resultados
1. Como o óleo de fritura é descartado em sua residência?	7 alunos colocam na pia, 3 coletam em garrafas para reciclagem e 1 descarta no lixo.
2. Considerando a forma que você descarta o óleo de fritura, você acha que ele pode causar algum dano ao meio ambiente?	8 alunos informaram de sim, 2 informaram que não e 1 talvez.
3. Você já ouviu falar no reaproveitamento do óleo de fritura?	Todos informaram que sim
4. No que você acha que óleo de fritura pode se transformar?	Todos marcaram a opção sabão e combustível
5. O que você acha de ter em sua comunidade um espaço para recolher o óleo de fritura usado?	Todos informaram que seria ótimo.
6. Você usaria em seu dia-a-dia um sabão produzido a partir do óleo de fritura?	10 informaram que sim, e 1 que talvez.
7. Qual a sua opinião em relação ao reaproveitamento do óleo de fritura?	Todos destacaram que seria importante para a preservação do meio ambiente.

Abaixo, temos os resultados das respostas informadas pelos alunos através do questionário da aula 1 (Figuras 1 a 6).

Figura 1. Respostas dos alunos sobre a destinação do óleo de suas residências.



Figura 2. Respostas dos alunos sobre o conhecimento do dano que o óleo pode trazer ao meio ambiente.

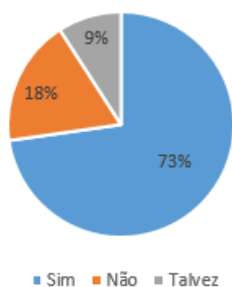


Figura 3. Respostas dos alunos se já ouviram falar sobre o reaproveitamento do óleo de fritura.

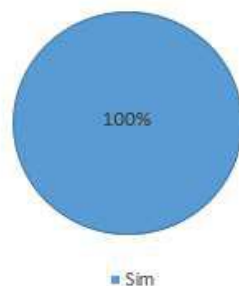


Figura 4. Respostas dos alunos sobre no que o óleo pode se transformar após seu uso.



Figura 5. Respostas dos alunos sobre o que achariam de ter na comunidade um ponto de coleta seletiva para óleo.

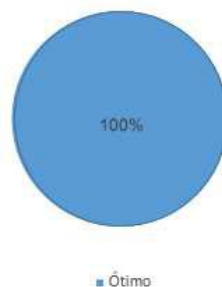
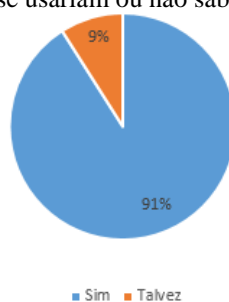


Figura 6. Respostas dos alunos sobre se usariam ou não sabão produzido a partir de óleo de fritura usado.



O gráfico da questão 1 demonstra que, 64% dos alunos descreveram que realizam o descarte do óleo usado na pia, ou seja, o material vai para as redes de esgoto, 27% já envia para a reciclagem, e 9% joga no lixo. De acordo com as respostas da segunda questão 73% afirma saberem que a forma como destinam o material prejudica a natureza, e o principal destino seria a pia. Mesmo conhecendo as formas de reaproveitamento, como destacado nas respostas das questões 3 e 4, o descarte incorreto é realizado no dia-a-dia dos alunos.

Na Questão 5 os alunos informam que gostariam de um local para coleta do óleo, a ausência deste local seria o principal fator que influencia na atitude incorreta das pessoas. De acordo com as

respostas da questão 6, o sabão produzido a partir do óleo de fritura usado teria uma boa receptividade para o uso dos alunos. Na questão 7, que aborda a opinião dos alunos sobre o reaproveitamento do óleo, realizamos uma Análise Textual Discursiva (ATD), que segundo a definição:

É uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso. (FREIRE et al., 2013)

Foi possível verificar nas respostas dos alunos a associação do descarte incorreto do material como um agente degradador da natureza. Como descrito nos relatos a seguir:

Aluno 1: “Você pode reaproveitar e de um produto usado fazer outro”

Aluno 2: “ É bom porque reutiliza ao invés de jogar fora”

Aluno 3: “Em vez de jogar fora e poluir o mundo, você pode reaproveita-lo e usar no dia a dia”.

Aluno 4: “ Muito bom para a comunidade”

Na aula 2, foi apresentado o conteúdo de ácidos graxos e reação de saponificação através de uma aula expositiva-dialogada. Esta etapa é fundamental para a compreensão do experimento de produção do sabão. Na aula 3, foi possível realizar a preparação do sabão a partir do óleo de fritura coletado pelos alunos (Figura 7). Eles seguiram o procedimento que foi entregue de forma impressa. O experimento foi realizado por toda a turma em sala de aula e utilizando materiais do dia-a-dia com o auxílio do professor, que realizou as etapas consideradas mais perigosas, como a dissolução da soda cáustica na água, por exemplo.

Figura 7. Amostras do óleo de fritura coletado pelos alunos



Após a sua preparação, o sabão só foi desenformado na aula seguinte, este tempo foi necessário para o resfriamento e endurecimento total do sabão. Nesta etapa os alunos visualizaram na prática a reação de saponificação abordada na aula anterior. A massa total de sabão obtida foi cerca de 1kg, que foi distribuído entre os alunos. Uma amostra do sabão obtido pode ser visualizada na (Figura 8).

Na aula 4, foi realizada a avaliação do sabão após desenformar, a reação de saponificação foi completa, devido ausência de resíduos de soda ou de óleo em sua superfície. Também foram obtidas as novas respostas do questionário de sondagem para avaliação das concepções dos alunos após a realização das atividades.

Figura 8. Amostra de sabão produzido com o óleo



Na questão 1, as respostas quanto ao local de descarte do óleo dos alunos que descartavam na pia ou jogavam no lixo foram modificadas, os alunos informaram que estavam coletando todo o óleo utilizado para enviar para o reaproveitamento. As respostas da questão 2 também foram diferentes, os alunos informaram que a separação do óleo para reciclagem não prejudicava mais o meio ambiente como na anterior. Já as respostas das perguntas 3, 4 e 5 não mudaram.

Na questão 6 o aluno que respondeu que talvez usaria o sabão a base de óleo de fritura anteriormente, informou que com certeza usaria o produto, por saber que o produto não possui as características do óleo de fritura que foi coletado por ele, por ter se transformado em um novo produto. Na questão 7, as respostas também não foram diferentes exceto o caso de dois alunos que citaram a opção de reaproveitar o óleo para fabricar o seu próprio sabão e usar nas suas residências ou até mesmo realizar a venda do produto.

Após a realização das atividades a diretoria da escola montou um posto de coleta de óleo de fritura, neste local os alunos poderão colocar o óleo de fritura que será coletado por uma indústria para a fabricação de sabão.

5. CONCLUSÕES

De acordo com as repostas dos alunos foi possível perceber que grande parte deles reconhece a possibilidade de danos ao meio ambiente com o descarte incorreto do óleo de fritura, e que em algum momento da vida já ouviram falar no reaproveitamento deste material. Mesmo com este conhecimento, a maioria não envia o óleo para o reaproveitamento, este fato pode estar associado ao desconhecimento ou a distância dos locais que realizam a coleta. Também é grande a quantidade de alunos que informa que usaria o sabão feito a partir do óleo, indicando que este sabão teria uma boa aceitação dos consumidores de grandes indústrias.

Após o levantamento destas concepções e de discussões em sala de aula sobre os problemas ambientais associados ao óleo, foi realizada a produção do sabão com o material coletado nas residências dos alunos e levantamento das suas concepções após a realização das atividades. Espera-se que após este trabalho de sensibilização os alunos coloquem na sua rotina e de suas famílias a destinação deste material no posto instalado na escola, que será coletado por uma empresa para a fabricação de sabão. Ou até mesmo que os estudantes possam produzir o seu próprio sabão em suas casas.

REFERÊNCIAS

ALBERICI, ROSANA; PONTES, FLÁVIA; Reciclagem do óleo comestível através da fabricação de sabão. Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.073-076, jan. /dez., 2004.

AZEVEDO, LEANDRO; et al. Biodiesel a partir do óleo de fritura: uma temática atual para abordagem das relações cts em uma sala de aula de química, R. B. E. C. T., vol 6, núm. 2, mai-ago.2013

CÉSAR, Aldara; et al. The potential of waste cooking oil as supply for the Brazilian biodiesel chain, Fluminense Federal University, Agribusiness Engineering Department, GASA, Volta Redonda, Nov, 2016.

FELTRE, RICARDO; Química: Química orgânica. 6. ed. São Paulo, Moderna, 2004

FERNANDES, A.F.O.; OLIVEIRA, D.R.M. Reaproveitamento do óleo de cozinha para fabricação de sabão: Uma ação sustentável e ambiental. IX Congresso de iniciação científica do IFRN, Rio Grande do Norte, IX. Ed, Jul. 2013.

MACHADO, J.P. et al. Enfoque CTSA uma abordagem para ensino de química. In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 8, 2016, Rio Grande do Sul, Anais do salão internacional de ensino, pesquisa e extensão. Pampa, 2016, V.3.

BELO, E.J et al. Reutilização de óleo vegetal para a fabricação de sabão sólido e líquido, na Escola Estadual Professora Maria Belém no município de Barreirinha, Amazonas. In: Anais programa ciência escola, V.3. 2015.

FREIRE, M.S; SILVA, M.G; Como formular problemas a partir de exercícios? Argumentos dos licenciandos em química. In: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.12.2013.

Organizadores

Rodrigo Cândido Passos da Silva

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Mestre em Geotecnia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco, Doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Realizou o doutorado sanduíche na Universidade Nacional de Cuyo (UNCuyo/Argentina) pelo Programa Capes. É pesquisador dos Grupos de Pesquisa em Resíduos Sólidos (GRS/UFPE) e em Gestão Ambiental de Pernambuco (Gampe/UFRPE). Atua na área de gestão de resíduos sólidos, gestão ambiental, saneamento ambiental, avaliação de impacto ambiental e estudos socioambientais.

João Paulo de Oliveira Santos

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Pernambuco (Facepe). É membro fundador do Grupo de Estudos em Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semiárido (GESA) e pesquisador do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental de Pernambuco (Gampe/UFRPE). Atua em estudos ambientais, avaliação de impactos ambientais e determinação da Pegada Hídrica e de Carbono Equivalente.

Daniel Pernambucano de Mello

Advogado, Bacharel em Direito pela Universidade Católica de Pernambuco; Especialista em Direito Ambiental pela Universidade Federal do Paraná; Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco; atua em Direito Ambiental, Direito Urbanístico e Direito Civil no escritório Mello & Barros Sociedade de Advogados, do qual é sócio-fundador. pesquisador do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental de Pernambuco (Gampe) da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Sócio-fundador na União Brasileira da Advocacia Ambiental (UBAA). Membro da AJE Recife - Associação dos Jovens Empresários de Pernambuco.

Soraya Giovanetti El-Deir

Bióloga, Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFRPE, Pesquisadora líder do Gampe/UFRPE. Organizadora de diversos livros, sendo os mais recentes: Tecnologias sociais para a Sustentabilidade (2016), Resíduos sólidos: o desafio da GIRS face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (2016), Educação Ambiental na Gestão de Resíduos Sólidos (2016), Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável (2016), Telhados verdes: uma iniciativa sustentável (2016), Ecos de Pernambuco:Planejamento estratégico 2015-2016 (1. ed. – 2016; 2. ed. – 2017), Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias (2017), Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental (2017), Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada (2017)..