



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL RIGAUD FIGUEIRÔA LYRA

Influência da adubação com lodo do tratamento de esgoto doméstico no cultivo de feijão e  
milho

Cabo de Santo Agostinho - PE

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL RIGAUD FIGUEIRÔA LYRA

Influência da adubação com lodo do tratamento de esgoto doméstico no cultivo de feijão e  
milho

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação do Curso de Engenharia Civil  
da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo  
Agostinho da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, em cumprimento às exigências  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Prof. Dr. Robson José Silva, orientador

Cabo de Santo Agostinho - PE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L992i      Lyra, Gabriel Rigaud Figueirôa  
              Influência da adubação com lodo do tratamento de esgoto doméstico no cultivo de feijão e milho / Gabriel Rigaud  
              Figueirôa Lyra. - 2021.  
              39 f. : il.

              Orientador: Robson Jose Silva.  
              Inclui referências.

              Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia Civil, Cabo de Santo Agostinho, 2021.

              1. Lodo de esgoto. 2. Agricultura. 3. Desempenho. I. Silva, Robson Jose, orient. II. Título

CDD 624

---

GABRIEL RIGAUD FIGUEIRÔA LYRA

Influência da adubação com lodo do tratamento de esgoto doméstico no cultivo de feijão e milho

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Data de aprovação: 01/03/2021

Banca examinadora

---

Prof. Dr. Robson José Silva, UFRPE

Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Grazianny Andrade Leite, UFRPE

Examinadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Cardoso de Moraes, IFPE

Examinadora

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família que sempre me incentivou a estudar, buscar capacitação e me desenvolver academicamente e profissionalmente, apoiando minhas decisões e dando base para que eu pudesse aproveitar todas as oportunidades que a vida me ofereceu.

Agradeço ao meu orientador Professor Robson José Silva pela confiança que sempre depositou em mim, seja como pessoa ou como aluno, pelo incentivo a estar sempre em desenvolvimento, pelos aconselhamentos, pelas oportunidades que me proporcionou ao longo da minha graduação e pelos ensinamentos.

Agradeço aos meus amigos de curso, pelo companheirismo, amizade e cooperação durante nossa jornada acadêmica, em especial aos meus amigos de república estudantil que me proporcionaram experiências de vida únicas.

Agradeço a todos os amigos do Laboratório de Saneamento Ambiental do Centro de Tecnologia e Geociências – UFPE, pelo aprendizado acadêmico e profissional que me permitiram executar este trabalho com qualidade e pela união e cooperação de todos.

## RESUMO

Na etapa biológica do tratamento de esgoto, parte da matéria orgânica degradada por microrganismos é convertida em biomassa, que vem a constituir o lodo biológico ou lodo secundário. Atualmente, a alternativa mais empregada para disposição final de lodos no Brasil é o seu envio para aterro sanitário, devido ao baixo custo operacional envolvido. Entretanto, esta técnica não contempla o potencial nutritivo e/ou energético do lodo. Isto posto, este estudo avaliou o uso de lodo do tratamento de esgoto doméstico no cultivo de mudas de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivar IPA 206) e milho (*BRS Gorotuba*), em comparação ao uso de fertilizantes químicos. O experimento para cada cultura foi conduzido em casa de vegetação e montado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 3 repetições, sendo utilizados vasos contendo 10 kg de solo. Os dois cultivos foram realizados em paralelo. Os 4 tratamentos aplicados foram: sem adubação, fertilizante químico (NPK), lodo caleado e lodo compostado (T0, T1, T2 e T3, respectivamente). Dentre os parâmetros de desempenho analisados, em ambos os cultivos, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram plantas com aspectos de crescimento (altura da planta e diâmetro do caule) equivalentes. No que diz respeito ao feijoeiro, o tratamento T3 se destacou pela quantidade de vagens por planta, sendo cerca de 125% maior que nos demais, e pelo maior desempenho no peso de 100 grãos de feijão (29,67g). Já para o milho, os tratamentos T1, T2 e T3 obtiveram desempenho equivalente. Entretanto, T3 obteve as maiores médias numéricas em todos os parâmetros deste cultivo. Por fim, foi observado que o tratamento de maior influência, em ambos os cultivos, foi T3, reafirmando o grande potencial do lodo compostado.

**Palavras-chave:** Lodo de esgoto. Agricultura. Desempenho.

## ABSTRACT

In the biological stage of sewage treatment, part of the organic matter degraded by microorganisms is converted into biomass, which constitutes the biological sludge or secondary sludge. Currently, the most used alternative for final disposal of sludge in Brazil is sending it to landfill, due to the low operational cost involved. However, this technique does not include the nutritive and/or energetic potential of the sludge. That said, this study evaluated the use of sludge from domestic sewage treatment in the cultivation of cowpea bean seedlings (*Vigna unguiculata* (L.) Walp., Cultivar IPA 206) and corn (BRS Gorotuba), compared to the use of chemical fertilizers. The experiment for each culture was conducted in a greenhouse and set up in a completely randomized, with 4 treatments and 3 repetitions, using pots containing 10 kg of soil. The two cultivations were carried out in parallel. The 4 treatments applied were: without fertilization, chemical fertilizer (NPK), lime sludge and composted sludge (T0, T1, T2 and T3, respectively). Among the performance parameters analyzed, in both crops, T1, T2 and T3 treatments presented plants with equivalent physical aspects (plant height and stem diameter). With regard to beans, the treatment T3 stood out for the amount of pods per plant, being about 125% higher than others, and for the higher performance in the weight of 100 beans (29.67g). For corn, treatments T1, T2 and T3 achieved equivalent performance. However, T3 obtained the highest numerical averages in all parameters of this cultivation. Finally, it was observed that the treatment with the greatest influence, in both crops, was T3, reaffirming the great potential of composted sludge.

**Keywords:** Sewage sludge. Agriculture. Performance.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Casa de vegetação. ....                                                 | 17 |
| Figura 2: Distribuição dos vasos na casa de vegetação. ....                       | 21 |
| Figura 3: Tensiômetro. ....                                                       | 22 |
| Figura 4: Fases do ciclo de vida do feijoeiro da semeadura à colheita. ....       | 24 |
| Figura 5: Quantidade média de vagens por planta em cada tratamento. ....          | 26 |
| Figura 6: Fases do ciclo de vida do milho ao longo dos dias após a semeadura..... | 28 |
| Figura 7: Média de peso por espiga em cada tratamento. ....                       | 30 |
| Figura 8: Pontuação e linha de influência dos tratamentos. ....                   | 32 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Valores limites para agentes patogênicos no lodo de ETE com classificação A. .... | 14 |
| Tabela 2: Indicadores patogênicos no lodo bruto e ao final dos tratamentos (90 dias).....   | 18 |
| Tabela 3: Nitrogênio presente nos lodos. ....                                               | 18 |
| Tabela 4: Caracterização de fertilidade do solo.....                                        | 19 |
| Tabela 5: Tratamentos empregados aos cultivos. ....                                         | 19 |
| Tabela 6: Dosagem de fertilizante químico. ....                                             | 20 |
| Tabela 7: Descrição da semeadura. ....                                                      | 21 |
| Tabela 8: Parâmetros de desempenho avaliados. ....                                          | 22 |
| Tabela 9: Resultado do Teste de Tukey para os tratamentos do cultivo de feijão. ....        | 25 |
| Tabela 10: Quantidade de grãos por planta. ....                                             | 27 |
| Tabela 11: Resultado do Teste de Tukey para os tratamentos do cultivo de milho. ....        | 29 |
| Tabela 12: Valor em peso para os resultados estatísticos.....                               | 31 |

## SUMÁRIO

|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                | <b>10</b> |
| <b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>             | <b>11</b> |
| <b>3. OBJETIVOS .....</b>                 | <b>12</b> |
| 3.1 OBJETIVO GERAL .....                  | 12        |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....           | 12        |
| <b>4. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>       | <b>13</b> |
| <b>5. METODOLOGIA.....</b>                | <b>17</b> |
| 5.1 CASA DE VEGETAÇÃO.....                | 17        |
| 5.2 LODO .....                            | 17        |
| 5.3 SOLO.....                             | 19        |
| 5.4 TRATAMENTOS .....                     | 19        |
| 5.5 CULTIVO.....                          | 20        |
| 5.6 DESEMPENHO .....                      | 22        |
| 5.6.1 Parâmetros de desempenho .....      | 22        |
| 5.6.2 Influência do lodo.....             | 22        |
| <b>6. RESUTADOS E DISCUSSÃO .....</b>     | <b>24</b> |
| 6.1 FEIJÃO .....                          | 24        |
| 6.2 MILHO .....                           | 28        |
| 6.3 INFLUÊNCIA DO LODO NOS CULTIVOS ..... | 31        |
| <b>7. CONCLUSÕES.....</b>                 | <b>33</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                  | <b>34</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o sexto país mais populoso do mundo e, apesar de ser o quinto mais extenso, sua distribuição populacional encontra-se mais concentrada nas capitais e centros urbanos, o que causa vários problemas no contexto de saneamento (IBGE 2019; IBGE 2016). Uma dessas dificuldades está associada à destinação dos resíduos gerados no tratamento do esgoto doméstico, uma vez que apresentam risco de poluição do solo e do ecossistema aquático. O lodo de esgoto é um dos resíduos gerados pelas estações de tratamento de esgoto, ETE, sendo o aterro sanitário a solução mais empregada para sua destinação final devido ao seu baixo custo e alta praticidade (Sampaio, 2013). Por outro lado, soluções para reutilizá-lo tem sido cada vez mais discutidas uma vez que este material é reconhecidamente rico em nutrientes.

A crescente demanda por alimentos impulsionada pelo aumento populacional, tem se tornado um desafio para agricultura no que diz respeito a produtividade. Dentro desse contexto, o uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos tem se popularizado como solução para elevar a eficiência dos cultivos, o que, em contrapartida, pode provocar a contaminação dos cursos de água, do solo e causar danos à saúde humana por meio da ingestão dessas substâncias (Artuzo, 2017).

Neste sentido, o lodo de esgoto se destaca como alternativa a esses produtos industrializados pela sua disponibilidade natural de fornecer nitrogênio, fósforo e potássio, bem como uma grande variedade de micronutrientes. Além disso, vale ressaltar que se trata de um resíduo gerado em todas as regiões do país e o seu tratamento para deixá-lo apto ao uso é relativamente barato, logo, sua utilização poderá ser economicamente viável e sustentável (Santos, 2014; Nobrega, 2017).

## 2. JUSTIFICATIVA

A longevidade dos recursos naturais está diretamente associada ao uso racional do meio ambiente, seja no consumo ou na destinação dos rejeitos. Nas últimas décadas, a população tem crescido de forma constante, causando aumento na geração de esgoto doméstico e, conseqüentemente, exigindo investimentos cada vez maiores para seu tratamento e destinação. Em paralelo, este crescimento demanda maior produção de alimentos. Na região Nordeste do Brasil, foco deste trabalho, o clima e a pobreza proporcionam um ambiente mais favorável para essas duas situações.

O presente trabalho abordará soluções de reuso de lodo de esgoto doméstico propiciando redução do descarte desse material à natureza e fornecendo ao setor agrícola um produto rico em nutrientes e economicamente viável. Ademais, a solução a ser descrita poderá ser de grande valia para a economia de pequenos e médios agricultores em regiões como o semiárido do nordeste do Brasil, as quais dispõem de solos com insuficiência nutricional. Para tal, será discorrido sobre o cultivo de feijão e milho, as quais são espécies representativas para a alimentação dos brasileiros, sejam eles de classe econômica alta ou baixa.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência do uso de lodo de esgoto doméstico proveniente da ETE-Mangueira, Recife, no desempenho de cultivos de feijão caupi e milho em solo da região do semiárido de Pernambuco.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho das plantas e produção de grãos de feijão caupi (*Vigna Unguiculata (L.) Walp*), cultivar IPA 206, adubado com lodo de esgoto doméstico;
- Avaliar o desempenho das plantas e produção de milho (*Zea mays L.*), cultivar BRS Gorotuba, adubado com lodo de esgoto doméstico;
- Analisar a influência da aplicação de fertilizante químico, lodo caleado e lodo compostado nos cultivos de feijão caupi e milho.

#### 4. REFERENCIAL TEÓRICO

A qualidade da água está diretamente associada à sua alta capacidade de absorver e transportar partículas, sendo, portanto, muito suscetível às impurezas ao seu redor. Atualmente, a influência humana no meio ambiente interfere facilmente na qualidade da água, como por exemplo, no despejo de resíduos domésticos e industriais e no uso descontrolado do solo. No mais, eventos naturais, tais como partículas de solo e dissolução de rochas, também poderão influir na sua condição de qualidade (Von Sperling, 1996).

Neste contexto, a ETE é um componente fundamental para a redução do impacto causado pelas atividades do homem sobre a qualidade da água. De modo geral, as estações de tratamento objetivam aumentar a velocidade em que os processos bioquímicos ocorrem no esgoto, possibilitando a redução para níveis aceitáveis de carga orgânica em tempo consideravelmente inferior àquele que ocorreria naturalmente no meio ambiente. No Brasil, os processos de tratamentos anaeróbios têm se popularizado pelo alto desempenho com baixos índices de ocupação de área e de consumo de energia, sendo despendidos poucos esforços financeiros com construção, equipamentos e operação quando comparados à ETEs que se baseiam em processos aeróbios. Ademais, reatores anaeróbios atrelados ao uso de lagoas de estabilização costumam ser suficientes para tratar o esgoto de forma satisfatória, reduzindo a carga orgânica com pouca geração de lodo (Neto, 1999).

O lodo de esgoto é um resíduo sólido, rico em matéria orgânica e nutrientes, resultante do processo de tratamento de esgoto nas ETEs. Por outro lado, a característica do esgoto que o originou irá afetar diretamente em sua concentração de contaminantes biológicos e metais pesados. Tais aspectos são influenciados diretamente pela especificidade a qual a estação está submetida, por exemplo, a condição socioeconômica da população ou presença de indústrias a qual ela atende (Batista, 2015). Dessa forma, é evidente que os grandes volumes de esgoto lançados diariamente causam um grande desafio orçamentário, ambiental e execucional para a administração pública. No que diz respeito a problemática da destinação do lodo, a literatura apresenta os benefícios nutricionais do uso deste material para a agricultura como alternativa à adubação química, entretanto, faz-se necessário os devidos cuidados acerca da presença de metais pesados e patógenos. Neste cenário, a Resolução CONAMA 375/2006 estabelece os parâmetros e procedimentos necessários para o uso de lodos de esgoto sanitário na agricultura (Tabela 1).

Tabela 1: Valores limites para agentes patogênicos no lodo de ETE com classificação A.

| Patógenos                  | Limite                         |
|----------------------------|--------------------------------|
| Coliformes termotolerantes | $10^3 \text{NMP.g}^{-1}$ de ST |
| Ovos viáveis de helmintos  | 0,25 ovo.g <sup>-1</sup> ST    |
| <i>Salmonella</i> sp.      | Ausência em 10 g de ST         |

Fonte: CONAMA 375/2006.

O controle dos patógenos presentes no lodo poderá se dar por várias técnicas de higienização, sendo as mais indicadas aquelas que possuem a temperatura, o pH ou a radiação como meio principal de sanitizante. Tais métodos deverão ser capazes de eliminar de forma eficaz e economicamente viável a maior variedade possível desses elementos, tais como os ovos de helmintos, bactérias e fungos. Os processos de calagem e compostagem se destacam na literatura nos últimos anos por atenderem a essas exigências. A calagem consiste na mistura de cal virgem (CaO) ao lodo, promovendo a sua desinfecção por meio da elevação da temperatura, do aumento do pH e da ação da amônia sobre a mistura. A eficiência deste processo é maximizada quando a proporção de cal ao lodo está entre 30 e 50% e a umidade do lodo está próximo de 70%. Deste modo, a mistura tende a manter a reação exotérmica com temperaturas elevadas e o pH acima de 12,0 durante dias (PROSAB, 1999).

A compostagem é um método biológico de degradação da matéria orgânica que se baseia na mistura do lodo com outros resíduos orgânicos. Tal mistura poderá ser formada por poda de árvores, lixo orgânico urbano e tantos outros, sendo dispostos juntamente com o lodo na forma de leiras ou pilhas. A eficácia de desinfecção deste processo se fundamenta no aumento da temperatura da mistura até atingir a fase termofílica, ocasionada pela ação dos microrganismos, os quais deverão manter a temperatura acima de 60°C por pelo menos 10 dias (PROSAB, 1999). Para tal, a proporção dos resíduos a serem utilizados deverá satisfazer a relação carbono/nitrogênio, sendo 28 a relação considerada ideal para o início de uma compostagem (Andreoli, 2001).

No âmbito da agricultura, estudos demonstraram que a adição ou substituição dos fertilizantes químicos por lodo proporcionaram aumento na produtividade e qualidade dos cultivos. Lobo (2019) observou que o uso de lodo compostado incrementou teores de nitrogênio (N) e fósforo no cultivo de girassol, promovendo aumento na altura das plantas, diâmetro de haste, número de folhas e diâmetro de capítulo. Já a aplicação de lodo caleado também pode favorecer a condutividade elétrica do solo, aumentar as concentrações de nutrientes minerais e atuar como um corretor de acidez.

A conjuntura econômica e ambiental em que a agricultura atual está inserida, exige que a produção seja cada vez mais otimizada. Portanto, a nutrição dos cultivos merece atenção especial não somente pela quantidade, mas também pela qualidade com que esses nutrientes serão ofertados para as plantas. Neste sentido, França (2011) avaliou que a disponibilidade de nitrogênio ao milho poderá influenciar consideravelmente o crescimento das plantas. Neste estudo, foi observado que o índice de área foliar, a produção de massa seca da parte aérea, o N absorvido pela planta e o rendimento dos grãos foram maiores nos cultivos submetidos a valores superiores de disponibilidade desse nutriente, em detrimento àqueles com menor disponibilidade.

A Resolução CONAMA 375/2006 recomenda a utilização da seguinte fórmula matemática para quantificar o teor de nitrogênio disponível ( $N_{DISP}$ ) no lodo de esgoto:

$$N_{DISP} = (FM/100) \times (N_{KJ} - N_{NH3}) + (N_{NO3} + N_{NO2})$$

Sendo:

- $FM$  = Fração de Mineração (40% para lodo não digerido e 10% para lodo compostado);
- $N_{KJ}$  = Nitrogênio Kjeldahl ( $mg.kg^{-1}$ );
- $N_{NH3}$  = Nitrogênio amoniacal ( $mg.kg^{-1}$ );
- $N_{NO3} + N_{NO2}$  = Nitrogênio Nitrato e Nitrito ( $mg.kg^{-1}$ ).

Os fertilizantes químicos são amplamente utilizados por proporcionarem aumento na produtividade dos cultivos, atrelado à facilidade de aplicação e aquisição. Entretanto, faz-se necessário que a sua administração seja adequada a fim de causar o menor dano possível ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito a acidificação e salinização do solo, eutrofização das águas e contaminação do lençol freático (BITTENCOURT, 2010). Neste sentido, o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008) propõe as dosagens adequadas de fertilizantes para adubação de diversos cultivares para o Estado de Pernambuco.

A agricultura familiar foi definida pela Organização das Nações Unidas para Alimentação (FAO, 2018) como sendo um modo de produção alimentar administrado e executado por uma família. Tal método é responsável por aproximadamente 80% da produção alimentar do Brasil, sendo este, listado como o 8º maior produtor de alimentos do mundo (IBGE, 2017). Nesse cenário, uma pesquisa relacionada a reforma agrária realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA, mostrou que há uma grande desigualdade de renda per capita entre as famílias urbanas e as rurais brasileiras, sendo esta cerca de 50% inferior a renda urbana (IPEA, 2010). Isto posto, fica evidente que a população rural carece de atenção

no que diz respeito a condição socioeconômica, sendo de grande valia o desenvolvimento de métodos e tecnologias acessíveis que possam aumentar o desempenho e a lucratividade da agricultura familiar.

O feijão está listado entre os alimentos mais encontrados na alimentação dos brasileiros, sendo muitas vezes associado a uma alimentação saudável por ser uma excelente fonte de carboidratos, minerais e com alto teor de proteína (Vanier, 2019). O seu cultivo no Brasil é bastante disseminado, principalmente pela sua alta adaptabilidade às condições climáticas, variabilidade de espécies e facilidade de cultivo em pequenas propriedades rurais. Nesse contexto, Silva (2017) apresentou resultados promissores no cultivo do feijão com lodo proveniente de reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) quando comparado ao desempenho do cultivo com fertilizante químico sob mesmas condições de estudo.

Segundo a Conab (2018), foram 81,4 milhões de toneladas de milho colhidas em 2017/18. Com isso, o milho se destaca entre os cereais cultivados no Brasil no que diz respeito à quantidade de grãos produzida por ano, mas também, como matéria prima para produção de diversos alimentos para consumo humano e ração avícola. Gonçalves (2019) relata aumento nos teores de nitrogênio, fosforo e matéria seca nos milhos cultivados em solos adubados com lodo, indicando, dessa forma, viabilidade para uso de lodo de esgoto na agricultura. Junio (2013) evidenciou um aumento médio de 40% na produtividade do milho em relação ao cultivo sem adição do composto, fora isso, ele observou que as folhas de milho apresentaram maiores concentrações de fósforo e nitrogênio quando foi aplicada maior dose de lodo no solo. Este aumento de nutrientes foi justificado pela melhoria da qualidade química do solo proporcionada pelo aumento da presença do lodo de esgoto.

Principalmente nas periferias urbanas e nos domicílios rurais, o Brasil ainda é conhecido como um país com déficit de saneamento. Várias tratativas do governo foram sancionadas ao longo dos últimos anos no intuito de avançar na qualidade e disponibilidade desse tipo de serviço. Entretanto, é notável que o avanço ocorre em passos lentos, sendo que muitas dessas sanções têm seus prazos postergados, tal como a proibição do uso de lixões que teve início em 1954, pela Lei 2.312 de 3 de setembro, posteriormente em 1981 através da Política Nacional de Meio Ambiente, e em 2010 quando foi ratificada com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual foi prorrogada mais uma vez em 2015. Diante dessas circunstâncias, percebe-se a necessidade de ampliar o estudo sobre meio ambiente, criando soluções para a destinação e reuso dos resíduos produzidos pela atividade humana, bem como a redução de sua geração. O uso de lodo na agricultura acaba sendo uma ideia ambientalmente sustentável com respaldo social e econômico.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (CV), Figura 1, localizada no Departamento de Química Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na cidade de Recife/PE (latitude: 08° 00' 54" S, longitude: 34° 57' 05" W e altitude: 19 metros) caracterizada por precipitação média anual de 2.447 mm, temperatura média de 25°C, umidade relativa média anual de 80% e clima tropical (Pernambuco, 2011). O ambiente interno da CV é protegido contra insetos de médio e grande porte por meio de telas fixadas por toda área de janelas e o telhado composto por telha plástica transparente, a qual permite a incidência solar e a proteção contra chuvas.

Figura 1: Casa de vegetação.



Fonte: O autor.

### 5.2 LODO

O lodo biológico foi proveniente da ETE Mangueira localizada em Recife, Pernambuco, a qual é responsável pelo tratamento de esgoto doméstico dos bairros adjacentes a ela, cuja população se caracteriza como de baixa renda. A estação é composta por grade de barras, desarenador, reator UASB de 8 células em paralelo, leitos de secagem de lodo e lagoa de polimento. O fluxo de esgoto se dá por meio de bombeamento, fornecendo ao reator uma vazão diária do projeto de 31,11 L.s<sup>-1</sup>, vazão máxima horária de 51,11 L.s<sup>-1</sup> e tempo de detenção hidráulica de 7 horas (Morais, 2011).

O lodo foi retirado do reator UASB e submetido a prévio desaguamento em leito de secagem na própria estação até atingir cerca de 50% de umidade. Em seguida, foi transportado para o Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde foi higienizado e caracterizado. O lodo foi submetido a dois processos de higienização separadamente, calagem e compostagem, os quais resultaram em lodos atendendo às exigências de sanitização da CONAMA 375/2006, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Indicadores patogênicos no lodo ao final dos tratamentos (90 dias).

| Amostras        | Coliformes             | Coliformes                   | Salmonellas <sup>b</sup> | Helmintos <sup>c</sup> |
|-----------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|
|                 | Totais <sup>a</sup>    | Termotolerantes <sup>a</sup> |                          |                        |
| Lodo caleado    | < LD                   | < LD                         | < LD                     | < LD                   |
| Lodo compostado | 7,33 x 10 <sup>6</sup> | < LD                         | 6,44 x 10 <sup>1</sup>   | < LD                   |

Legenda: <sup>a</sup>:NMP.g<sup>-1</sup>, <sup>b</sup>:NMP.4g<sup>-1</sup>, <sup>c</sup>:ovos.10<sup>-1</sup> g.ST<sup>-1</sup>, LD: Limite de detecção da análise.

Fonte: O autor.

A produção do lodo caleado se deu a partir da mistura em betoneira de 6 kg de cal virgem com 20 kg de lodo, sendo a umidade mantida a cerca de 60%. Após esta etapa, a mistura foi mantida em repouso por 90 dias à temperatura ambiente e sob ventilação natural, sendo coletadas amostras 4 vezes por semana para o acompanhamento do pH.

O lodo compostado foi proveniente da mistura à mão de lodo, poda de árvore e fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU) na proporção 3:4:3 em massa seca, respectivamente, totalizando 50 kg do composto. Após a mistura, o material foi disposto na forma de pilha de compostagem por 90 dias à temperatura ambiente e sob ventilação natural. Durante este período, a temperatura aferida diariamente.

A Tabela 3 mostra a caracterização de nitrogênio nos lodos após o encerramento dos processos de higienização.

Tabela 3: Nitrogênio presente nos lodos.

| Amostras        | Kjeldahl <sup>a</sup> | Amoniacal <sup>a</sup> | Nitrato e Nitrito <sup>a</sup> |
|-----------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|
| Lodo caleado    | 7551                  | 1926                   | 8667                           |
| Lodo compostado | 20756                 | 10379                  | 19581                          |

Legenda: <sup>a</sup>:mg.kg<sup>-1</sup>.

Fonte: o autor.

### 5.3 SOLO

O solo utilizado foi coletado no município de Caruaru, região do semiárido de Pernambuco, sendo classificado como Planossolo Háplico Eutrófico em concordância com Souza (2013). A Tabela 4 mostra a caracterização de fertilidade do solo realizada no Laboratório da Estação Experimental de Cana-de-açúcar da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE – Carpina, PE).

Tabela 4: Caracterização de fertilidade do solo.

| Fe                  | Cu   | Zn    | P     | pH   | K                     | Na   | Al   | Ca    | Mg   | H+Al | S.B   | C T C | V                                   | C    | m    | M.O. |
|---------------------|------|-------|-------|------|-----------------------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------------------------------------|------|------|------|
| mg.dm <sup>-3</sup> |      |       |       | (-)  | cmol.dm <sup>-3</sup> |      |      |       |      |      |       |       | cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> |      |      |      |
| 138,70              | 3,50 | 22,70 | 60,00 | 7,50 | 0,33                  | 0,04 | 0,00 | 10,40 | 0,50 | 1,00 | 11,27 | 12,27 | 91,85                               | 1,80 | 0,00 | 3,10 |

Fonte: O autor.

### 5.4 TRATAMENTOS

Ambos os cultivos do experimento fizeram uso de quatro tratamentos (Tabela 5) com três repetições cada.

Tabela 5: Tratamentos empregados aos cultivos.

| Tratamento | Descrição                               |
|------------|-----------------------------------------|
| T0         | Água de abastecimento                   |
| T1         | Água de abastecimento + NPK             |
| T2         | Água de abastecimento + Lodo Caleado    |
| T3         | Água de abastecimento + Lodo compostado |

Fonte: o autor.

O tratamento T0 não recebeu nenhum tipo de adição, sendo utilizado apenas o solo bruto e água para irrigação. A água utilizada para T0 e para os demais tratamentos foi fornecida pela rede de abastecimento da concessionária local.

O tratamento T1 fez uso de fertilizante químico (ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio) a fim de atingir as doses de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. As doses foram quantificadas com base na caracterização do solo e em concordância com as recomendações do IPA (2008) para as espécies de Feijão *Vigna Unguiculata (L.) Walp* e Milho *Zea mays L*, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Dosagem de fertilizante químico.

| <b>Cultivo</b> | <b>N Plantio<sup>a</sup></b> | <b>N Cobertura<sup>a</sup></b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub><sup>a</sup></b> | <b>K<sub>2</sub>O<sup>a</sup></b> |
|----------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
| Feijão         | 20                           | 30                             | 20                                            | 20                                |
| Milho          | 30                           | 60                             | 20                                            | 20                                |

Legenda:<sup>a</sup>: kg.ha<sup>-1</sup>.

Fonte: IPA (2008).

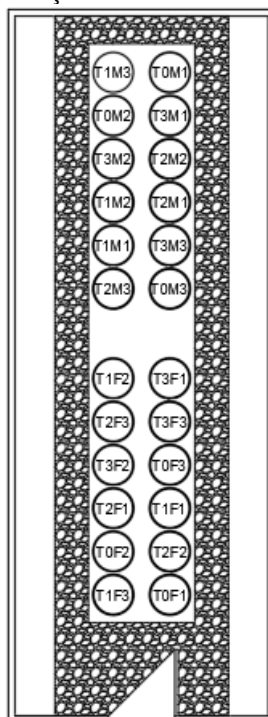
A adubação de cobertura, N Cobertura, também foi aplicada em conformidade com IPA (2008), o qual sugere a reaplicação de nitrogênio na superfície do solo 30 dias após a semeadura.

Para T2 e T3, as dosagens foram baseadas a partir da recomendação do CONAMA. T2 fez uso de 25,5g de lodo caleado por vaso para o feijão e de 46g por vaso para o milho. De forma similar, o T3 fez uso de lodo compostado na quantidade de 12,5g por vaso para o feijão e 22g por vaso para o milho.

## 5.5 CULTIVO

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 3 repetições para cada cultura. Os cultivos foram desenvolvidos em vasos fechados (sem orifícios) com 10 kg de solo, a fim de comportar a planta até a sua idade adulta. A Figura 2 representa a posição dos vasos na casa de vegetação para cada cultivo, informando a identificação do tratamento (T0, T1, T2 e T3) e as respectivas repetições: para o feijão (F1, F2 e F3) e para o milho (M1, M2 e M3).

Figura 2: Distribuição dos vasos na casa de vegetação.



Fonte: O autor.

A adição dos tratamentos foi feita com o solo ainda fora do vaso, para que fosse realizado o completo revolvimento. Após 30 dias, sempre deixando o solo úmido, a semeadura foi efetuada em covas com cerca de 5 cm de profundidade. A Tabela 7 descreve a quantidade de semente adicionada por vaso e o quantitativo de plantas após o desbaste. O desbaste foi realizado 15 dias após a semeadura, sendo mantidas as plantas que apresentavam melhor aspecto visual e tamanho linear entre elas.

Tabela 7: Descrição da semeadura.

| <b>Cultivo</b> | <b>Semente por vaso</b> | <b>Plantas por vaso<sup>1</sup></b> |
|----------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Feijão         | 5                       | 2                                   |
| Milho          | 3                       | 1                                   |

Legenda:<sup>1</sup>:Após o desbaste.

Fonte: o autor.

A umidade do solo foi controlada por meio de 3 tensiômetros, sendo este processo iniciado 15 dias antes da data prevista para a semeadura. Os tensiômetros utilizados foram do tipo punção com ponta de cerâmica e leitor digital de agulha (Figura 3), sendo instalados ao acaso dividindo a área do experimento em três setores. A tensão de irrigação foi mantida diariamente entre 10 e 30 kPa, objetivando maiores índices de produtividade e evitando o déficit hídrico.

Figura 3: Tensiômetro.



Fonte: O autor.

## 5.6 DESEMPENHO

### 5.6.1 Parâmetros de desempenho

O monitoramento do desenvolvimento das plantas foi acompanhado semanalmente por meio das medições de altura da planta e diâmetro do caule, aferidas com régua e paquímetro, respectivamente. Ao término do experimento, foi determinado o desempenho dos tratamentos por meio dos parâmetros listados na Tabela 8. As possíveis diferenças nos resultados encontrados foram testadas estatisticamente pelo método de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Tabela 8: Parâmetros de desempenho avaliados.

| <b>Feijão</b>                   | <b>Milho</b>                |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Altura da planta                | Altura da planta            |
| Diâmetro do caule da planta     | Diâmetro do caule da planta |
| Quantidade de vagens por planta | Número de hastes            |
| Quantidade de grãos por vagem   | Comprimento das espigas     |
| Peso de 100 grãos               | Peso das espigas            |

Fonte: o autor.

### 5.6.2 Influência do lodo

A influência da adubação com lodo nos cultivos de feijão e milho foi avaliada por meio dos resultados provenientes do Teste de Tukey, o qual avalia estatisticamente o desenvolvimento das plantas, classificando os tratamentos em faixas distintas para cada

parâmetro. Essa classificação se dá por meio de letras, onde a faixa de melhor desempenho é representada pela letra “a”, seguida pelas faixas “b”, “c” e assim sucessivamente.

A influência do lodo e demais tratamentos nos cultivos foi avaliada por meio da atribuição de peso à cada faixa de resultado do teste. A faixa “a” recebeu peso N, a faixa “b” recebeu N-1, a “c” recebeu N-2 e assim sucessivamente, de forma a atribuir peso 1 à última faixa. Assim sendo, foram somados os pesos que cada parâmetro recebeu a fim de obter a pontuação final por tratamento. Esse valor representou a influência do tratamento em cada cultivo (Expressão 1). Quanto maior o valor, maior a influência do tratamento.

$$\text{Pontuação do tratamento} = \sum_{\text{Parâmetro}}^{\text{Parâmetro}} \text{Peso por parâmetro}$$

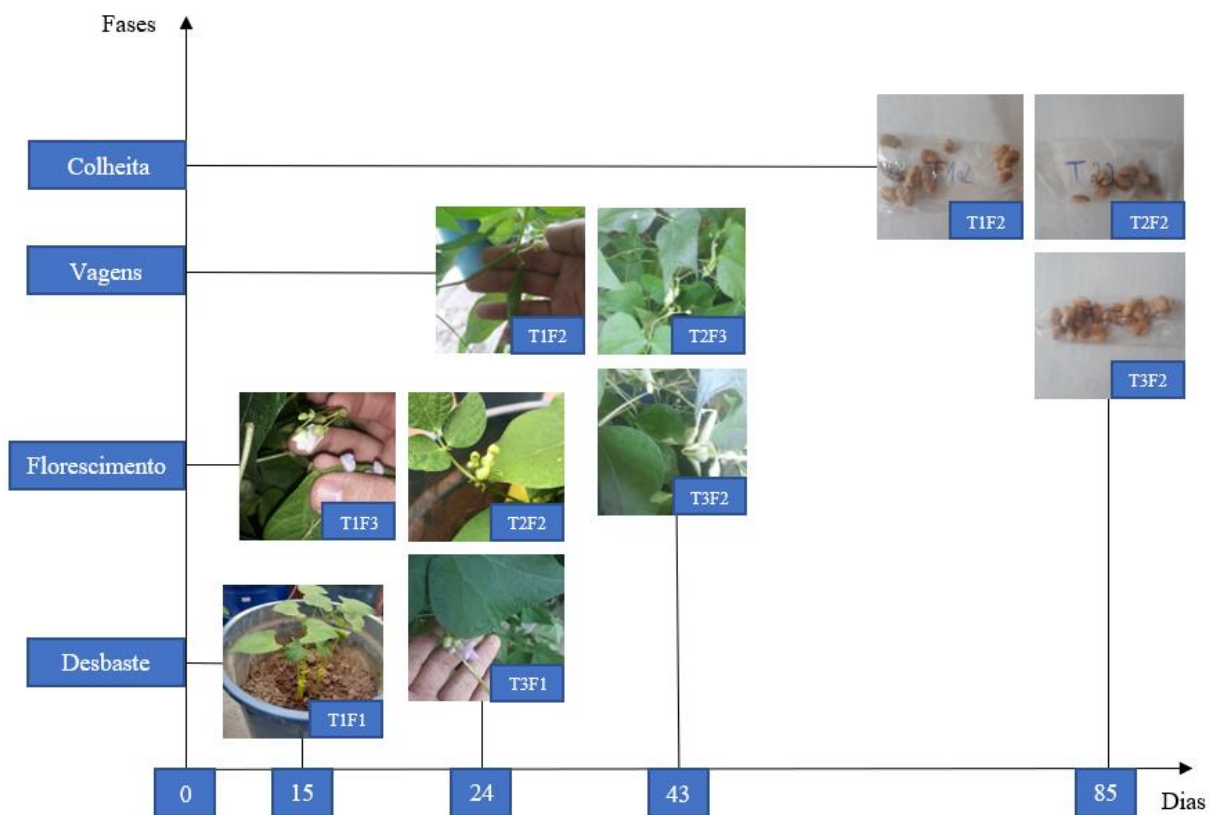
Equação 1: Somatório para determinação da influência dos tratamentos. Fonte: o autor.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 FEIJÃO

O cultivo do feijão apresentou todas as fases do seu ciclo de vida adequadamente (Figura 4). Após 24 dias da semeadura, foi observado o florescimento e, em seguida, aos 43 dias, foram constatadas as primeiras vagens. O ciclo do feijoeiro foi finalizado com 85 dias, sem que houvesse nenhum tipo de patologia ou ataque de insetos significativos.

Figura 4: Fases do ciclo de vida do feijoeiro da semeadura à colheita.



Fonte: O autor.

O resultado do teste estatístico de Tukey para os parâmetros de desempenho analisados no cultivo de feijão está expresso na Tabela 9.

Tabela 9: Resultado do Teste de Tukey para os tratamentos do cultivo de feijão.

| <b>Tratamentos</b> | <b>Altura da planta (cm)</b> | <b>Diâmetro do caule (mm)</b> | <b>Quantidade de vagens (un/planta)</b> | <b>Quantidade de grãos (un/vagem)</b> | <b>Peso de 100 grãos (g)</b> |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| T0                 | 109,30 b                     | 3,93 c                        | 3,00 b                                  | 1,67 a                                | 10,00 d                      |
| T1                 | 142,67 a                     | 5,13 b                        | 4,00 b                                  | 2,00 a                                | 22,00 c                      |
| T2                 | 153,33 a                     | 5,43 b                        | 4,00 b                                  | 2,33 a                                | 24,67 b                      |
| T3                 | 150,33 a                     | 8,57 a                        | 9,00 a                                  | 2,67 a                                | 29,67 a                      |

Teste de Tukey ( $p>0,05$ ): Os valores na vertical seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Legenda: T0 = Testemunha; T1 = NPK; T2 = Lodo caleado; T3 = Lodo compostado.

Fonte: O autor.

Para o parâmetro altura da planta, os tratamentos T1, T2 e T3 obtiveram resultados estatisticamente iguais, consolidando o melhor desempenho (Tabela 9). Tal fato corrobora com o estudo feito por Moraes (2018), o qual demonstrou que a altura do feijoeiro com lodo caleado não diferiu significativamente do tratamento com fertilizante químico (NPK). Entretanto, é importante salientar que T2 (153,33 cm) e T3 (150,33 cm) foram numericamente superiores ao T1 (142,67 cm) e T0 (109,30 cm), o que representa certa vantagem para os tratamentos com lodo.

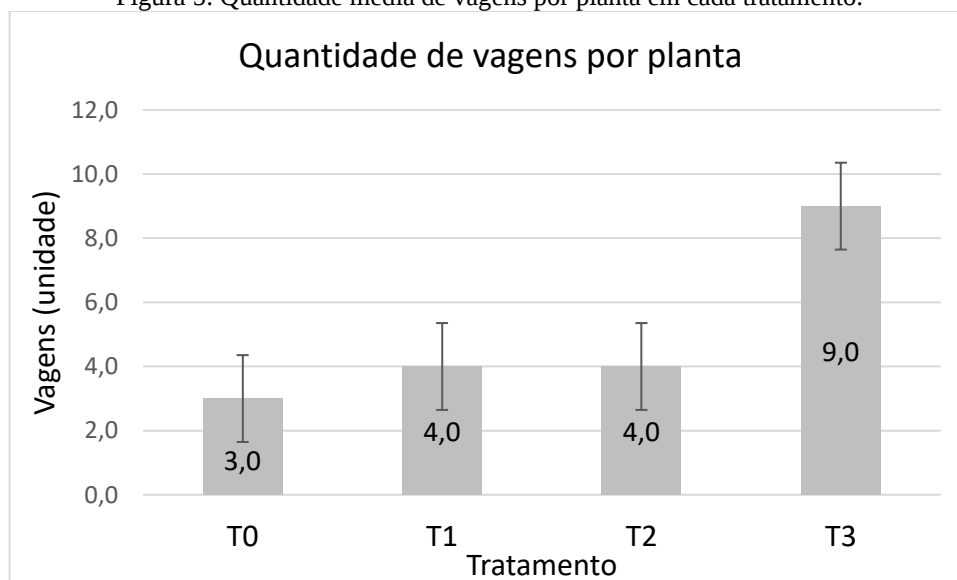
No que diz respeito ao diâmetro do caule, T3 obteve o melhor desempenho estatístico (Tabela 9). Numericamente, T3 atingiu em média 8,57 mm de diâmetro, T2 5,43mm, T1 5,13mm e T0 3,93mm. Diferentemente do parâmetro anterior, observa-se que a média de diâmetro do caule no tratamento com lodo compostado obteve desempenho mais expressivo que os demais tratamentos. Logo em seguida, T1 e T2 foram significativamente superiores ao tratamento testemunha. Junio (2011) constatou comportamento similar em seu cultivo de mamoneiras, as quais apresentaram plantas com maior diâmetro do caule quando adubadas com lodo compostado. Além disso, o autor também observou que o diâmetro aumentava conforme a dosagem de lodo era intensificada, alcançando o diâmetro máximo quando a maior dose do experimento foi aplicada, ou seja, 71,43 t.ha<sup>-1</sup>.

No quesito quantidade de vagem por planta, a Tabela 9 também apresenta T3 como sendo o melhor desempenho estatístico. Os vasos com T3 apresentaram em média 9,00 unidades de vagem por planta, equivalendo a cerca de 125% unidades a mais que os demais

tratamentos. T1 e T2 apresentaram resultado estatisticamente inferior e correspondentes entre si. Lobo (2012) observou comportamento similar em seu estudo com feijão, comparando o uso de lodo compostado com adubação química. Em seu experimento, o tratamento com NPK apresentou 9,45 vagens.planta<sup>-1</sup>, enquanto o tratamento com lodo atingiu 11,27 vagens.planta<sup>-1</sup>. Além disso, o autor também constatou que conforme a dosagem de lodo aumentava, o número total de vagens também crescia: Lodo (20 kg.ha<sup>-1</sup>) = 11,27 vagens.planta<sup>-1</sup> e Lodo (30 kg.ha<sup>-1</sup>) = 11,73 vagens.planta<sup>-1</sup>.

A Figura 5 expressa de forma gráfica os resultados de quantidade de vagem por planta apresentados na Tabela 9, mostrando que a produção de vagem por meio de T3 alcançou resultados expressivos, 2,25 vezes maior que os demais. Numa situação de plantio real, o agricultor seria beneficiado com um aumento considerável em sua produtividade de grãos.

Figura 5: Quantidade média de vagens por planta em cada tratamento.



Fonte: O autor.

Para o parâmetro de quantidade de grãos por vagem, a análise estatística exibida na Tabela 9 apontou que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, os dados numéricos apontam que T3 (2,67 un.vagem<sup>-1</sup>) obteve maior resultado, seguido por T2 (2,33 un.vagem<sup>-1</sup>), T3 (2,00 un.vagem<sup>-1</sup>) e T0 (1,67 un.vagem<sup>-1</sup>). Apesar de não diferirem estatisticamente, tais resultados indicaram que os feijoeiros tratados com lodo apresentaram certa vantagem sobre aqueles adubados com fertilizante químico e estes, por sua vez, superiores ao tratamento testemunha. Neste contexto, foi realizada a multiplicação vaso a vaso da quantidade de vagem por planta e da quantidade de grãos por vagem a fim de determinar a quantidade de grãos por planta para cada tratamento. Na sequência, foi aplicado o teste de

Tukey e foi encontrada a média de grãos (Tabela 10), na qual T3 obteve a maior quantidade de grãos por planta (22,67), superando estatisticamente os demais tratamentos.

Tabela 10: Quantidade de grãos por planta.

| <b>Tratamentos</b> | <b>Quantidade de grãos por planta (un)</b> |
|--------------------|--------------------------------------------|
| T0                 | 5,33 b                                     |
| T1                 | 8,00 b                                     |
| T2                 | 9,33 b                                     |
| T3                 | 22,67 a                                    |

Teste de Tukey ( $p>0,05$ ): Os valores na vertical seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Fonte: O autor.

O peso de 100 grãos obteve a maior variação estatística entre tratamentos neste experimento (Tabela 9). T3 obteve o melhor desempenho de acordo com a análise, seguido por T2 e T1, respectivamente. T0 ficou bem distante dos demais tratamentos. Numericamente, T3 resultou em 29,67 g.100 grãos<sup>-1</sup>, enquanto T2 proveu 24,67 g.100 grãos<sup>-1</sup> e T1 22,00 g.100 grãos<sup>-1</sup>. Silva (2017) também observou que os feijoeiros adubados com lodo se destacaram dos demais, atingindo as maiores médias para o peso de 100 grãos (25,53 g.100 grãos<sup>-1</sup>).

Segundo Lobo (2015), a exportação de nutrientes do feijoeiro para os grãos foi maior para os tratamentos com lodo de esgoto compostado em comparação às plantas cultivadas sem adição de lodo. Além disso, ele observou que na medida em que a dosagem de lodo era intensificada, a exportação também aumentava. Isso revela um indicativo de que frutos produzidos por meio de lodo compostado podem apresentar maior poder nutricional, neste caso, seria interessante a investigação dos teores nutricionais para os grãos feijão em questão.

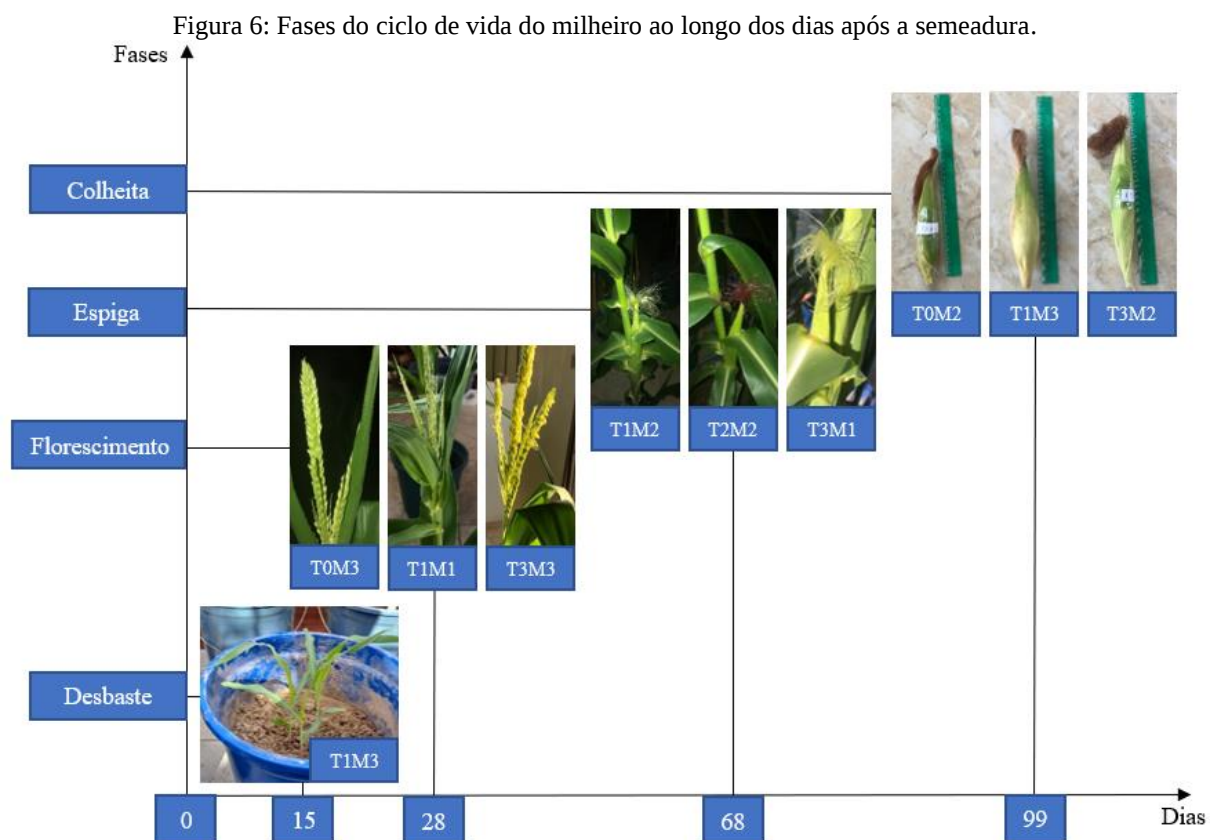
Ao longo dos resultados discutidos, é notável a vantagem de desempenho que T3 proporcionou aos feijoeiros quando comparado aos demais tratamentos, mesmo que esta superioridade não tenha sido observada em todos os parâmetros. Esta vantagem pode estar associada à riqueza nutricional que o lodo carrega em sua composição, visto que sua origem se dá por meio de fontes variadas (lodo de esgoto, FORSU e poda de árvore), fornecendo sobretudo micronutrientes que não são encontrados nos fertilizantes químicos. A quantidade de vagens foi o parâmetro com maior destaque no experimento, onde o tratamento com lodo compostado se despontou dos demais. Somado a isso, o peso dos grãos de T3 foi significativamente superior, acarretando uma colheita expressivamente superior para este tratamento. Por outro lado, T1 e T2 também obtiveram bons desempenhos, visto que

apresentaram resultados satisfatórios. Nesse caso, é possível perceber que o lodo caleado representa uma alternativa equivalente ao fertilizante químico.

Neste contexto, o uso de lodo no cultivo de feijão poderá otimizar o rendimento da plantação, principalmente no que diz respeito a produção de grãos. Portanto, a sua utilização permitirá que o agricultor obtenha maior lucratividade, principalmente para aqueles de menor porte, os quais dificilmente dispõem de grandes áreas de solo e aparato tecnológico. Ademais, o lodo poderá substituir o fertilizante químico e, com isso, promover a redução dos custos com adubação e aumentar ainda mais a rentabilidade do cultivo (Quintana, 2011).

## 6.2 MILHO

O cultivo do milho apresentou todas as fases do seu ciclo de vida adequadamente (Figura 6). O início do florescimento e o surgimento das espigas ocorreram aos 28 e 68 dias após a semeadura, respectivamente. A colheita foi realizada no dia 99, não sendo observado nenhum tipo de patologia ou ataque de insetos consideráveis.



Fonte: O autor.

O resultado do teste estatístico de Tukey para os parâmetros de desempenho analisados no cultivo de milho está expresso na Tabela 11.

Tabela 11: Resultado do Teste de Tukey para os tratamentos do cultivo de milho.

| <b>Tratamentos</b> | <b>Altura da planta (cm)</b> | <b>Diâmetro do caule (mm)</b> | <b>Número de hastes (un)</b> | <b>Comprimento da espiga (cm)</b> | <b>Peso da espiga (g)</b> |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| T0                 | 96,67 a                      | 1,11 b                        | 9,67 b                       | 18,67 a                           | 19,00 b                   |
| T1                 | 114,33 a                     | 0,98 b                        | 10,33 a                      | 20,33 a                           | 34,67 a                   |
| T2                 | 110,33 a                     | 1,15 b                        | 10,67 a                      | 20,67 a                           | 33,33 a                   |
| T3                 | 125,33 a                     | 1,54 a                        | 12,00 a                      | 21,67 a                           | 35,33 a                   |

Teste de Tukey ( $p>0,05$ ): Os valores na vertical seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Legenda: T0 = Testemunha; T1 = NPK; T2 = Lodo caleado; T3 = Lodo compostado.

Fonte: O autor.

Os parâmetros de desenvolvimento para o cultivo do milho não apresentaram grandes variações estatísticas e nos casos de altura da planta e comprimento da espiga, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Entretanto, para altura da planta, percebe-se na Tabela 11 que T3 (125,33 cm) obteve um melhor resultado numérico, seguido por T1 (114,33 cm) e T2 (110,33 cm). De forma similar, Silva (2015) observou que o uso de esgoto no cultivo de mudas de eucalipto não diferiu estatisticamente do tratamento com fertilizante químico para a altura das mudas, embora as mudas tratadas com esgoto tenham apresentado altura numericamente superior.

No que diz respeito ao diâmetro do caule, a análise estatística (Tabela 11) apresentou T3 como sendo o de maior desempenho, enquanto os demais tratamentos obtiveram resultado inferior, porém, equivalentes entre si. Numericamente, faz-se necessário observar que T3 (1,54 mm) se distanciou dos restantes (em ordem decrescente de valores): T2 = 1,15 mm; T0 = 1,11mm e T1 = 0,98mm. Corroborando com estes resultados, Martins (2018) observou que o milho adubado com um composto formado por lodo e poda de árvore resultou em plantas com altura e diâmetro superiores às aquelas que receberam apenas um substrato comercial (casca de pinus moída e compostada, e pó de coco).

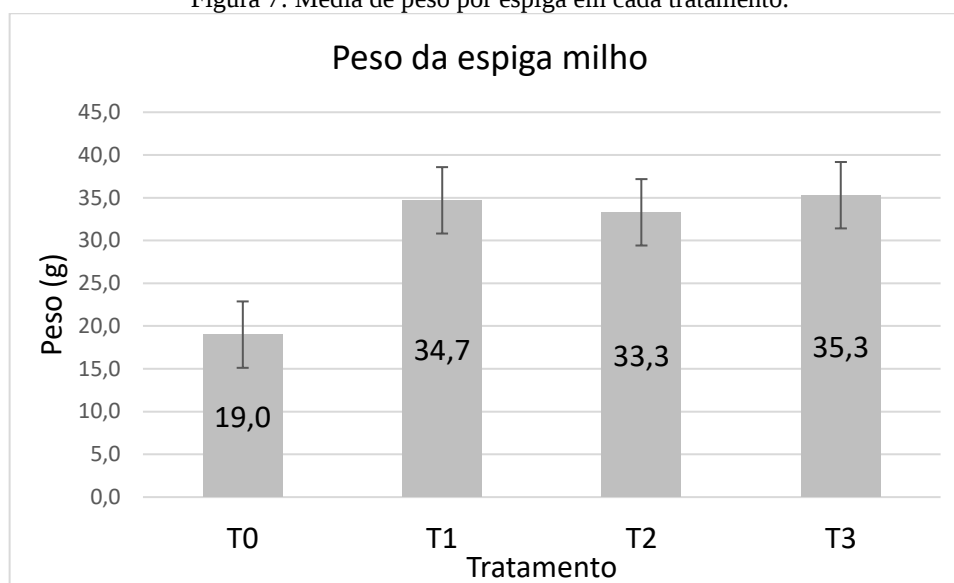
Para o número de hastes, a análise estatística (Tabela 11) mostrou que os tratamentos T1, T2 e T3 se igualaram com melhor desempenho. Tal como visto nos resultados anteriores, os vasos que receberam lodo compostado (T3) obtiveram destaque numérico, atingindo em média 12 hastes por planta. Ademais, T2 e T1 proveram 10,67 e 10,33 hastes, respectivamente.

Em relação ao comprimento das espigas, os milheiros apresentaram tamanhos de espigas estatisticamente iguais (Tabela 11). Entretanto, é perceptível que as médias numéricas

mostram a superioridade de T3 (21,67 cm) sobre os demais tratamentos. T2 e T1 atingiram valores muito próximos, 20,67 cm e 20,33 cm, respectivamente.

Para o parâmetro peso da espiga, a Tabela 11 mostra que os melhores desempenhos foram de T1, T2 e T3. O cultivo reagiu muito bem aos tratamentos com adições nutricionais, provendo espigas com pesos consideravelmente mais altos que o tratamento testemunha. Numericamente, observa-se na Figura 7 que os tratamentos T1 (34,7g), T2 (33,3g) e T3 (35,3g) resultaram em espigas cerca de 1,75 e 1,85 mais pesadas que aquelas de T0 (19,0g).

Figura 7: Média de peso por espiga em cada tratamento.



Fonte: O autor.

Gadioli (2004) observou comportamento similar em seu cultivo de milho e feijão preto, os quais apresentaram rendimento idêntico quando adubado com fertilizante químico e com lodo de esgoto. Além disso, o autor também observou que rendimento aumentou linearmente conforme a dosagem de lodo foi intensificada: 2.920 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$  (testemunha), 5.480 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$  (0,4 t de fertilizante químico  $\text{ha}^{-1}$ ), 5.310 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$  (2,5 t de lodo  $\text{ha}^{-1}$ ), 5.560 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$  (5,0 t de lodo  $\text{ha}^{-1}$ ) e 6.860 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$  (10,0 t de lodo  $\text{ha}^{-1}$ ).

Em termos gerais, para os cinco parâmetros avaliados, os vasos com adubação (T1, T2 e T3) obtiveram desempenho muito similar, sendo o diâmetro do caule o único em que T3 prevaleceu sobre o restante. Por outro lado, os resultados numéricos apontaram que o lodo compostado proporcionou milheiros com maiores médias em todos os parâmetros, portanto, a reaplicação do experimento em maior escala poderá evidenciar essa vantagem.

Nascimento (2012) em seu cultivo de girassol observou que o solo e área foliar da planta apresentavam maiores teores de nutrientes quando estes recebiam adubação com diferentes

tipos de lodo em detrimento aos exemplares testemunha e aos que recebiam adubação química. Da mesma forma, podemos supor que o milho também pode ter apresentado maiores teores de nutrientes em suas palhas, dada a similaridade no desempenho entre os tratamentos. Caso essa característica seja confirmada, ela poderá destacar o milho adubado com lodo como uma alternativa para alimentação pecuária.

Os resultados numéricos mostram uma tendência de superioridade de desempenho do lodo compostado em todos os parâmetros. Da mesma forma, Magalhães (2011), observou que o uso de lodo compostado em cultivos de feijão e milho proporcionou aumento de produtividade.

### 6.3 INFLUÊNCIA DO LODO NOS CULTIVOS

Atribuindo os pesos aos respectivos resultados estatísticos de Tukey e realizando o devido somatório conforme a Expressão 1, foi possível obter o comportamento da influência de cada tratamento sobre os cultivos (Tabela 12).

Tabela 12: Valor em peso para os resultados estatísticos.

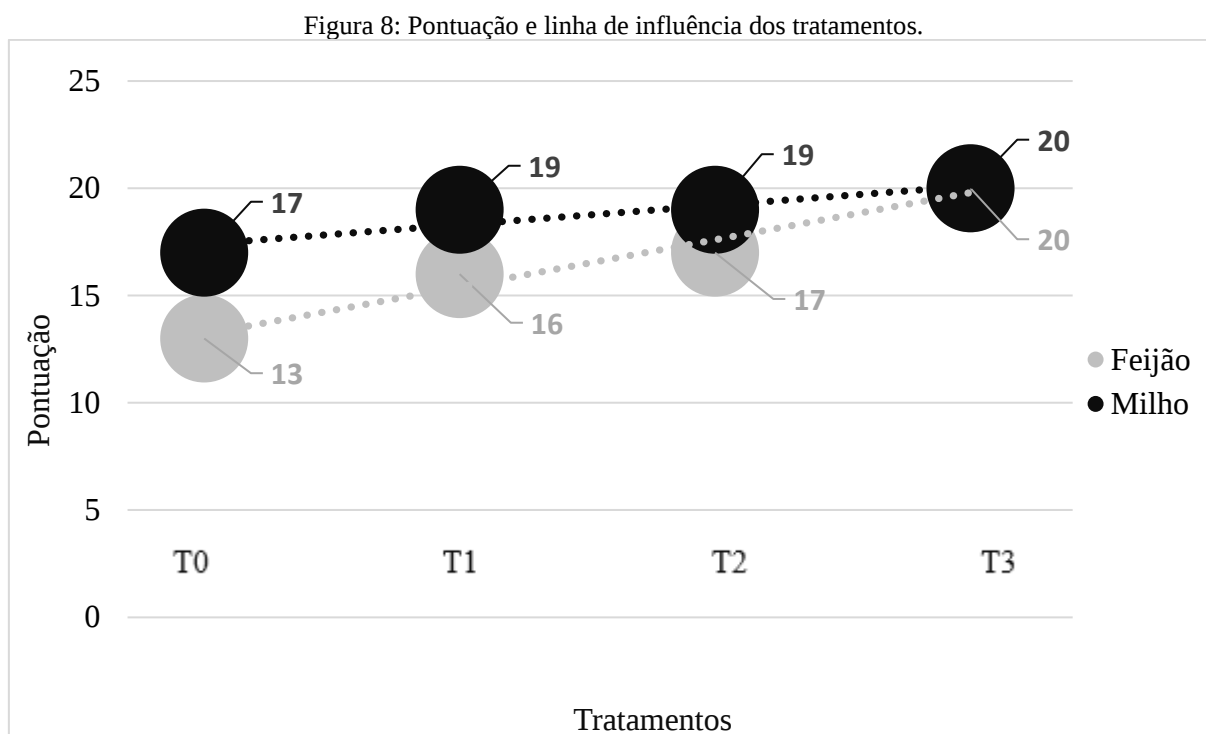
| <b>Cultivo</b> | <b>Tratamento</b> | <b>Altura</b> | <b>Diâmetro<br/>do caule</b> | <b>Quantidade<br/>de vagens</b> | <b>Quantidade<br/>de grãos</b>    | <b>Peso de<br/>100 grãos</b> | <b>Total</b> |
|----------------|-------------------|---------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------|
| <b>Feijão</b>  | T0                | 3             | 2                            | 3                               | 4                                 | 1                            | 13           |
|                | T1                | 4             | 3                            | 3                               | 4                                 | 2                            | 16           |
|                | T2                | 4             | 3                            | 3                               | 4                                 | 3                            | 17           |
|                | T3                | 4             | 4                            | 4                               | 4                                 | 4                            | 20           |
| <b>Cultivo</b> | <b>Tratamento</b> | <b>Altura</b> | <b>Diâmetro<br/>do caule</b> | <b>Número de<br/>hastes</b>     | <b>Compriment<br/>o da espiga</b> | <b>Peso da<br/>espiga</b>    | <b>Total</b> |
| <b>Milho</b>   | T0                | 4             | 3                            | 3                               | 4                                 | 3                            | 17           |
|                | T1                | 4             | 3                            | 4                               | 4                                 | 4                            | 19           |
|                | T2                | 4             | 3                            | 4                               | 4                                 | 4                            | 19           |
|                | T3                | 4             | 4                            | 4                               | 4                                 | 4                            | 20           |

Fonte: O autor.

A Tabela 12 mostra que T3 obteve a maior pontuação de influência tanto no cultivo do feijão, quanto no cultivo do milho. No feijoeiro, observa-se também uma leve tendência de superioridade de T2 sobre T1. De forma geral, a influência dos tratamentos se deu na seguinte

ordem:  $T3 > T2 > T1$ , apontando o lodo como o tratamento de maior destaque. Para o milho, a influência dos tratamentos T3, T2 e T1 são mais equivalentes. Muito embora, a influência do lodo em T3 tenha apresentado maior destaque.

A pontuação final de cada tratamento está reproduzida na Figura 8, a qual também indica a linha de influência.



Fonte: O autor.

A linha de influência do cultivo do feijão (simbolizada pela reta pontilhada cinza na Figura 8) apresentou maior inclinação que a do milho, indicando que o feijoeiro recebeu os benefícios das adubações com maior ênfase. De qualquer forma, a linha do milho também apresentou inclinação positiva, indicando que houve influência da adubação com lodo.

## 7. CONCLUSÕES

O cultivo de feijão respondeu bem aos tratamentos com lodo caleado e compostado, sendo T3 o tratamento que apresentou maior distinção. Neste sentido, a quantidade de vagens por planta e peso dos grãos referentes aos exemplares com T3 foram notoriamente superiores ao demais tratamentos. T1 e T2 apresentaram desempenho mediano.

O cultivo de milho foi marcado pela grande similaridade estatística entre os tratamentos T1, T2 e T3. Neste sentido, essas três adubações obtiveram resultados satisfatórios quando comparados com as unidades experimentais sem adições. T3 foi responsável pela maior média de peso das espigas e, de forma geral, propiciou os maiores rendimentos em todos os outros parâmetros.

A influência dos tratamentos ficou na ordem  $T3 > T2 \geq T1 > T0$ , com isso, é possível concluir que os lodos compostado e caleado supriram as necessidades nutricionais dos cultivos de feijão e milho, resultando em desempenho equivalente ou superior ao fertilizante químico. Os resultados sugerem a viabilidade do reuso de lodo de esgoto na agricultura, fornecendo uma destinação nobre para este resíduo e podendo proporcionar aos agricultores uma nova oportunidade de amplificar seus rendimentos.

É importante ressaltar que o presente trabalho foi realizado em pequena escala, sendo indispensável sua replicação em escala real a fim de que a sua aplicabilidade também seja observada. Por outro lado, é evidente que os pequenos agricultores poderão executar tais procedimentos sem grandes dificuldades e com o emprego de pouco capital financeiro.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F.. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. *In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias***. Belo Horizonte: UFMG, 2001. v. 6, p. 1-484.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. da.. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 13, n. 29, p. 146-161, set./dez. 2017. DOI: 10.3895/rts.v13n29.4755. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/4755/4395>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BATISTA, L. F.. **Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18139/1/2015\\_LucileneFerreiraBatista.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18139/1/2015_LucileneFerreiraBatista.pdf). Acesso em: 20 mar. 2021.

BITTENCOURT, M. V. L.. Impactos da Agricultura no meio ambiente: principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, Paraná, v.20, ano 06, p. 157-168, jan./mar. 2010. DOI: 10.5380/ret.v6i1.27031. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/ret/article/view/27031/18027>. Acesso em: 20 mar. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras**. Disponível em: <https://www.Conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 07 jun. 2020.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 375/2006, 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. Brasil: Ministério Do Meio Ambiente, 2006. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Trabajo de la FAO en la Agricultura Familiar**: Prepararse para el Decenio Internacional de Agricultura Familiar (2019-2028) para alcanzar los ODS. Nova York: FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca1465es/CA1465ES.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2021.

FRANÇA, S.; MIELNICZUK, J.; ROSA, L. M. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.. Nitrogênio disponível ao milho: Crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p. 1143-1151, 2011. DOI: 10.1590/S1415-43662011001100006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n11/06.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GADIOLI, J. L.; NETO, P. F.. Rendimento de milho e de feijão preto cultivado em solo acrescido de lodo de esgoto. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.21, n.21, p. 53-58, jan./jun. 2004. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/SanareN21.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

GONÇALVES, A. de A.; MOREIRA, C. R.; SOUZA, G. B. de P.; PERES, D. M.; CANZI, G. M.. Adubação com lodo de esgoto na cultura do milho. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, Paraná, ed. Especial, 2019. p. 1-13, mar. 2019. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/viewFile/535/319>. Acesso em: 20 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 457p. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb\\_2016.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2016.pdf). Acesso em: 20 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agro 2017: Resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 105p. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf). Acesso em: 20 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Países 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://pais.es.ibge.gov.br/#/mapa/ranking/brasil?indicador=77849&tema=5&ano=2019>. Acesso em: 06 mar. 2021.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. Recife: IPA, 2008. 212p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. PNAD 2008: Primeiras análises – O setor rural. **Comunicado IPEA**, Brasília, n. 46, p. 1-24, mar. 2010. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/100401\\_comunicadoipea42.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/100401_comunicadoipea42.pdf). Acesso em: 01 jul. 2020.

JUNIO, G. R. Z.; SAMPAIO, R. A.; NASCIMENTO, A. L.; LIMA, N. N. de; FERNANDES, L.A.. Crescimento inicial de mamoneira adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.4, p. 157-163, out./dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2029/pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

JUNIO, G. R. Z.; SAMPAIO, R. A.; NASCIMENTO, A. L.; SANTOS, G.B.; SANTOS, L. D. T.; FERNANDES, L.A.. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p. 708-710, jul. 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000700003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n7/a03v17n7.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; BULL, L. T.. Efeito do nitrogênio e do lodo de esgoto nos fatores produtivos do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.1, p. 118-124, jan./fev. 2012. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/pt/ver/13#t257>. Acesso em: 20 mar. 2021.

LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; BULL, L. T.; SOUZA, F. L. P. de. Efeito do nitrogênio e do lodo de esgoto na nutrição do feijoeiro. **Revista Verde**, Pombal, v.10, n.2, p. 33-41, abr./jun. 2015. DOI: 10.18378/rvads.v10i2.2662. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS>. Acesso em: 21 mar. 2021.

LOBO, T. F.; FILHO, H. G.; BULL, L. T.; KUMMER, A. C. B.; SOUZA, F. L. P. de.. Desenvolvimento e nutrição do girassol com lodo de esgoto e nitrogênio. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v.12, n.1, p. 173-193, jan./mar. 2019. DOI: 10.17765/2176-9168.2019v12n1p173-193. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5393/3373>. Acesso em: 21 mar. 2021.

MAGALHÃES, C. A. de S.. **Efeito do lodo de esgoto compostado na produtividade de culturas e na lixiviação de nitrato e thiamethoxam em latossolos e argissolo**. 2011. Dissertação (Doutorado em Ciências do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1627/1/TESE\\_Efeito%20do%20lodo%20de%20esgoto%20compostado%20na%20produtividade%20de%20culturas%20e%20na%20lixivia%C3%A7%C3%A3o%20de%20nitrato%20e%20thiamethoxam%20em%20Latosolos%20e%20Aargissolo.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1627/1/TESE_Efeito%20do%20lodo%20de%20esgoto%20compostado%20na%20produtividade%20de%20culturas%20e%20na%20lixivia%C3%A7%C3%A3o%20de%20nitrato%20e%20thiamethoxam%20em%20Latosolos%20e%20Aargissolo.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

MARTINS, C. A. da C.; SANTOS, F. S. dos; PORTZ, A.; SANTOS, A. M. dos. Desenvolvimento inicial do milho (ZEA MAYS L.) em substrato contendo lodo de esgoto compostado. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Brasil, n.48, p. 69-79, jun. 2018. DOI: 10.5327/Z2176-947820180305. Disponível em: [http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/56/478](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/56/478). Acesso em: 21 mar. 2021.

MORAES, B. A. B. de. **Lodo biológico anaeróbico caledado como condicionador de Neossolo Regolítico para cultivo de feijão caupi**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil com ênfase em Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/31948/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20B%c3%a1rbara%20Albuquerque%20Branco%20de%20Moraes.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

MORAIS, J. C. de. **Avaliação da eficiência e dos problemas operacionais de uma estação de tratamento de esgotos ao longo de 13 anos de monitoramento**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5330/1/arquivo2436\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5330/1/arquivo2436_1.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

NASCIMENTO, A. L.. **Produtividade, nutrição mineral e teores de metais pesados no solo e em girassol adubado com lodo de esgoto**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Carlos, 2012. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8TXGXZ/1/altina\\_lacerda\\_nascimento.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-8TXGXZ/1/altina_lacerda_nascimento.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

NETO, A. C. O. de; CAMPOS, J. R.. Introdução. In: CAMPOS, J.R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES/ PROSAB, 1999.

NOBREGA, M.A.S.; PONTES, M.S.; SANTIAGO, E.F. Incorporação do lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas nativas. **Acta Biomedica Brasiliensia**, Brasil, v.8, n.1, p.43-55, jul. 2017. DOI: 10.18571/acbm.121. Disponível em: <https://www.actabiomedica.com.br/index.php/acta/article/view/164/143>. Acesso em: 21 mar. 2021.

PERNAMBUCO. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Mudanças Climáticas**. Recife: Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2011. 94 p. Disponível em: [http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO\\_MC\\_PERNAMBUCO\\_PDF.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO_MC_PERNAMBUCO_PDF.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Curitiba: PROSAB, 1999. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/uso\\_manejo\\_lodo\\_agricultura.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/uso_manejo_lodo_agricultura.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S.; MELO, W. J. Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 183–191, abr. 2011. DOI: 10.3738/1982.2278.527. Disponível em: <https://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/527/607>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SAMPAIO, A. de O.. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. **Revista DAE**, São Paulo, n. 193, p. 16-27, set./dez. 2013. DOI: 10.4322/dae.2014.109. Disponível em: [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_193\\_n\\_1503.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_193_n_1503.pdf). Acesso em: 21 mar. 2021.

SANTOS, E.V.F.; KUNZ, S.H.; CALDEIRA, M.V.W.; AZEVEDO, C.H.S.; RANGEL, O.J.P. Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.18, n.9, p.971-979, set. 2014. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n9/v18n09a14.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SOUZA, A. R.; ALBURQUEQUE, S. F. de; LOPES, G. M. B.; SILVA, A. B. da; FILHO, J. N.. Caracterização e interpretação de um planossolo háplico eutrófico do agreste pernambucano, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**. Recife:

UFRPE, 2013. v. 10, p. 271-279. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/issue/view/44>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SILVA, R. J.. Cultivo de mudas de eucalipto irrigadas com esgoto doméstico tratado. Recife: **Eng Sanit Ambient**. Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v.20, n.2, p.323-330, abr./jun. 2015. DOI: 10.1590/S1413-41522015020000084883. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v20n2/1413-4152-esa-20-02-00323.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

SILVA, R. J.. **Uso de esgoto doméstico tratado e lodo no cultivo de duas espécies de feijão: Biofortificação dos grãos e redução na incidência de pragas**. 2017. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/25201/1/TESE%20Robson%20Jos%c3%a9%20Silva.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2021.

VANIER, N. L.; FERREIRA, C. D.; LINDEMANN, I. da S.; SANTOS, J. P.; BASSINELLO, P. Z.; ELIAS, M. C.. Propriedades físico-químicas e tecnológicas de cultivares de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas no Brasil e suas características de amido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n.3, p. 1-10, 2019. DOI: 10.5039/agraria.v14i3a5675. Disponível em: [http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria\\_v14i3a5675&path%5B%5D=5210](http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v14i3a5675&path%5B%5D=5210). Acesso em: 21 mar. 2021.

VON SPERLING, M.. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: VON SPERLING, M.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v. 1, p. 1-452. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/18571958/introducao-a-qualidades-da-aguas-e-tratamento-de-esgoto-2-ed-von-sperling>. Acesso em: 21 mar. 2021.