



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

MATEUS DE FRANÇA SILVA

Planejamento da implantação do Sistema de gestão de energia (SGE) de acordo à norma  
ABNT NBR ISO 50001 em unidade cloroquímica

Cabo de Santo Agostinho – PE

2023

MATEUS DE FRANÇA SILVA

Planejamento da implantação do Sistema de gestão de energia (SGE) de acordo à norma  
ABNT NBR ISO 50001 em unidade cloroquímica

Monografia apresentada ao Curso de Graduação  
em Engenharia Mecânica da Unidade Acadêmica  
do Cabo de Santo Agostinho da Universidade  
Rural de Pernambuco para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Energia  
Orientador: Prof. Dr. Felipe Orlando Centeno  
Gonzalez

Cabo de Santo Agostinho - PE

2023

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)

---

S586p

Silva, Mateus de França

Planejamento da implantação do Sistema de gestão de energia (SGE) de acordo à norma ABNT NBR ISO 50001 em unidade cloroquímica / Mateus de França Silva. - 2023.  
77 f. : il.

Orientador: Felipe Orlando Centeno Gonzalez.  
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Mecânica, Cabo de Santo Agostinho, 2023.

1. Cloroquímica. 2. Eficiência energética. 3. Gestão de energia. 4. ISO 50001. I. Gonzalez, Felipe Orlando Centeno, orient. II. Título

CDD 620.1

---

MATEUS DE FRANÇA SILVA

Planejamento da implantação do Sistema de gestão de energia (SGE) de acordo à norma  
ABNT NBR ISO 50001 em unidade cloroquímica

Apresentação para o Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Rural de Pernambuco para a obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica,

Aprovada em: 06/09/2023

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Felipe Orlando Centeno Gonzales (Orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

(Examinador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

(Examinador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a minha família, minha mãe, minhas avós, minhas tias por todo apoio, amparo, dedicação, cuidado e educação ofertada e estimulada desde o início da minha jornada. Vocês foram parte fundamental para que eu conseguisse chegar até esse momento.

A todos os amigos que fiz durante essa longa e complexa jornada, aos que se fazem sempre presente, e aos que por qualquer motivo estão distantes, sobretudo agradeço aos amigos que me fortaleceram com boas conversas e motivação nos períodos mais complicados da jornada. Ao Luis Carlos, Emanuel Beril, Luca Lima, Willamys, Rubens Ferreira, Yasmim Liandra, e todos que cruzaram minha vida acadêmica, foram essenciais para meu amadurecimento e agregaram conhecimento e certamente sem vocês não estaria aqui.

A todos os professores, especialmente ao meu orientador deste trabalho Felipe Centeno e ao meu orientador de estágio, Alexandre Moura, que me acompanharam durante a graduação e sempre estiveram disponíveis para me apoiar e aconselhar no decorrer da minha graduação de Engenharia Mecânica.

## RESUMO

O aumento do consumo energético mundial e as políticas de redução de emissão de carbono e gases de efeito estufas traz à tona uma preocupação com o uso mais eficiente e mais consciente de energia. Assim muitas empresas buscam evitar o desperdício reutilizando a energia dos seus processos e utilizando ferramentas para alcançar esses objetivos. Nesse contexto o presente trabalho apresenta um estudo de caso para uma planta cloroquímica para a implementação de um sistema de gestão de energia seguindo a NORMA ABNT ISO 50001, será abordado assim até o planejamento tendo como objetivo diminuir 1% o consumo de energia. Sendo feito uma declaração de escopo, política energética, revisão energética e planos de ação para cada um dos equipamentos que possuem um uso significativo de energia.

**Palavras-chave:** cloroquímica; eficiência energética; gestão de energia; ISO 50001.

## ABSTRACT

The increase in world energy consumption and policies to reduce carbon emissions and greenhouse gases bring to the fore a concern with the more efficient and more conscious use of energy. Therefore, many companies seek to avoid waste by reusing the energy of their processes and tools to achieve these goals. In this context, the present work presents a case study for a chlorochemical plant for the implementation of an energy management system following the ABNT ISO 50001 STANDARD, which will be achieved by planning. A scope statement, energy policy, energy review and action plans are made for each of the equipment that has a significant use of energy.

**Keywords:** chlorochemistry; energy efficiency; energy management; ISO50001.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Relação do IDH elevado com a energia .....	11
<b>Figura 2-</b> Relação do IDH alto com a energia.....	12
<b>Figura 3-</b> Relação do IDH baixo com a energia .....	12
<b>Figura 4 -</b> Matriz elétrica mundial em 2019 .....	13
<b>Figura 5 -</b> Matriz elétrica brasileira em 2019 .....	13
<b>Figura 6 –</b> Consumo energético por setor.....	15
<b>Figura 7-</b> Evolução do consumo por segmento industrial [Mtep].....	16
<b>Figura 8 –</b> Contribuição setorial para o ganho de eficiência energética em 2032.....	16
<b>Figura 9-</b> Composição da demanda por cloro no Brasil em 2019 .....	17
<b>Figura 10 -</b> Relação entre PDCA e a estrutura do sistema de gestão de energia.....	19
<b>Figura 11-</b> Diagrama do processo de planejamento energético.....	21
<b>Figura 12-</b> Unidade cloroquímica.....	22
<b>Figura 13-</b> Fluxograma de produção .....	24
<b>Figura 14 –</b> Consumo energético.....	28
<b>Figura 15 -</b> Custo enegético.....	28
<b>Figura 16 -</b> Pareto dos USEs .....	29
<b>Figura 17 -</b> Variáveis que afetam a caldeira .....	30
<b>Figura 18 -</b> Variáveis que afetam o secador .....	31
<b>Figura 19 -</b> Variáveis que afetam o forno.....	32
<b>Figura 20 -</b> Variáveis que afetam o reator de craqueamento.....	33
<b>Figura 21 -</b> Variáveis que afetam o reator de polimerização.....	33
<b>Figura 22 -</b> Desempenho atual da caldeira .....	38
<b>Figura 23 -</b> Desempenho atual do secador .....	38
<b>Figura 24 -</b> Desempenho atual do forno .....	39
<b>Figura 25 -</b> Desempenho atual do reator de craqueamento .....	39
<b>Figura 26 -</b> Desempenho atual do reator de polimerização .....	40
<b>Figura 27 -</b> Linha de base .....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Consumo energético da indústria química brasileira (%).....	18
<b>Tabela 2</b> - Número de certificações por segmento em 2020 .....	20
<b>Tabela 3</b> - Certificações ativas por ano.....	20
<b>Tabela 4</b> - Impacto dos USEs no consumo total.....	29
<b>Tabela 5</b> - Desempenho dos USEs .....	37
<b>Tabela 6</b> - Exemplo do banco de ideias .....	41
<b>Tabela 7</b> - Ideias priorizadas.....	42

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Varáveis relevantes dos USEs .....	34
<b>Quadro 2</b> - Plano de ação da caldeira .....	44
<b>Quadro 3</b> - Plano de ação caldeira reator de polimerização .....	45
<b>Quadro 4</b> - Plano de ação do reator de craqueamento .....	46
<b>Quadro 5</b> - Plano de ação do secador .....	47
<b>Quadro 6</b> - Plano de ação forno .....	48
<b>Quadro 7</b> - Plano de medição .....	50
<b>Quadro 8</b> - Recurso de medição .....	51

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
2.1	SETOR QUÍMICO .....	15
2.2	SETOR QUÍMICO NO BRASIL .....	15
2.3	SETOR CLOROQUÍMICO .....	17
2.4	ISO 50001 – SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA .....	18
2.4.1	<b>Benefícios da implementação</b> .....	19
2.5	ISO 50001 NA INDÚSTRIA QUÍMICA.....	19
2.6	PLANEJAMENTO ENERGÉTICO .....	20
3	<b>DESENVOLVIMENTO DO PLANEJAMENTO</b> .....	22
3.1	ENTENDER A ORGANIZAÇÃO E SEU CONTEXTO .....	22
3.1.1	<b>Planta de Monômero Cloreto de Vinila (MVC)</b> .....	22
3.1.2	<b>Planta de Policloreto de Vinila (PVC)</b> .....	23
3.1.3	<b>Organograma</b> .....	24
3.2	ENTENDER A EXPECTATIVA DAS PARTES INTERESSADAS .....	25
3.3	DEFINIÇÃO DO ESCOPO E DAS FRONTEIRAS .....	25
3.4	REPRESENTANTE DA DIREÇÃO .....	25
3.5	ESTABELECIMENTO DA EQUIPE DE ENERGIA .....	26
3.6	DEFINIÇÃO DA POLÍTICA ENERGÉTICA .....	26
3.7	REQUISITOS LEGAIS E OUTROS REQUISITOS.....	27
3.8	REVISÃO ENERGÉTICA.....	27
3.8.1	<b>Análise de uso e consumo de energia</b> .....	27
3.8.2	<b>Análise dos usos e consumos passados e atuais.</b> .....	27
3.8.3	<b>Identificar as áreas dos usos significativos de energia (USE)</b> .....	29
3.8.4	<b>Variáveis que podem afetar os USEs</b> .....	30
3.8.5	<b>Desempenho atual</b> .....	37
3.8.6	<b>Identificar, priorizar e avaliar oportunidades para melhoria do desempenho energético</b> .....	40
3.8.7	<b>Estabelecer os indicadores de desempenho energético</b> .....	42
3.8.8	<b>Estabelecer a linha de base energética</b> .....	43
3.9	OBJETIVOS ENERGÉTICOS, METAS ENERGÉTICAS E PLANOS DE AÇÃO DE GESTÃO DE ENERGIA .....	43
3.9.1	Objetivos energéticos .....	43

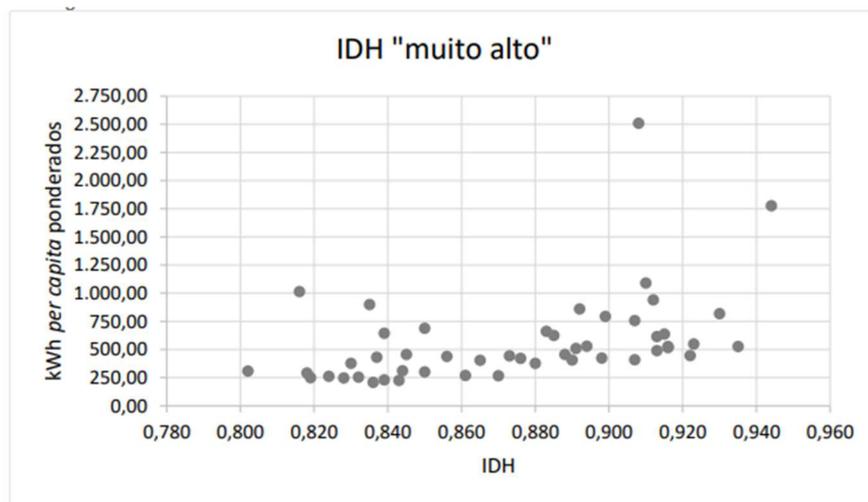
3.9.2 Metas energéticas .....	43
3.9.3 Planos de ação .....	43
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
REFERÊNCIAS .....	54
APÊNDICE A – ORGANOGRAMA TÍPICO.....	58
APÊNDICE B – PARTES INTERESSADAS .....	60
APÊNDICE C – DEFINIÇÃO DAS FRONTEIRAS .....	62
APÊNDICE D – EQUIPE ENERGÉTICA .....	63
APÊNDICE E – USO E CONSUMO DE ENERGIA.....	69
ANEXO A – REQUISITOS LEGAIS E OUTROS REQUISITOS.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

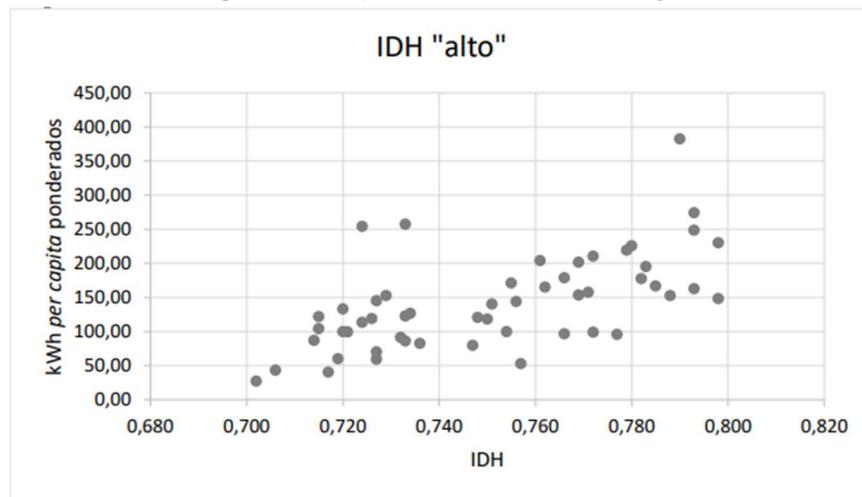
A energia está intrinsecamente ligada ao meio ambiente, e ao desenvolvimento humano, segundo Vicente e Perez (2003), há grandes diferenças entre o consumo de energia dos países pobres e dos países ricos. Para ilustrar estas diferenças de forma simples, a relação entre riqueza e consumo de energia pode ser estabelecida analisando-se a relação entre o “tamanho da economia” de um país e seu respectivo consumo de energia.

Utilizando o IDH como métrica nota-se que há uma relação direta entre consumo de energia e o IDH, como mostrado nas figuras Figura 1, Figura 2 e Figura 3 onde os maiores IDHs tem um maior consumo kWh por pessoa, enquanto o IDH baixo tem consumo abaixo de 50kWh os de IDH “alto” possuem um valor mínimo próximo a isso e um máximo perto de 400kWh enquanto o “muito alto” alcança 2500kWh, isso mostrar o abismo em relação ao consumo de energia e o IDH dos países (Zuba, 2017).

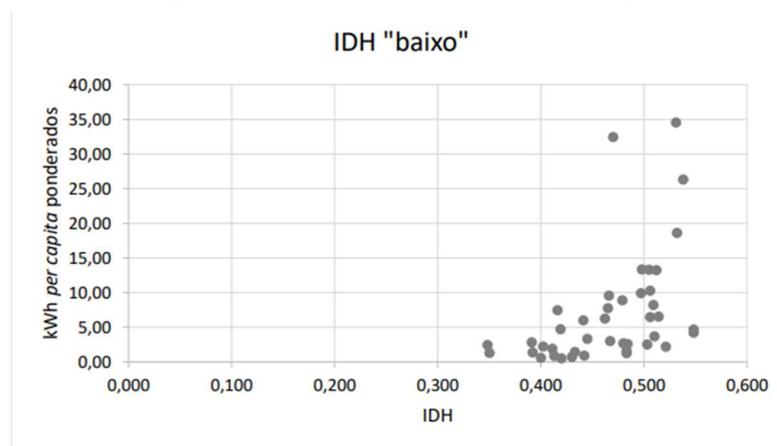
**Figura 1-** Relação do IDH elevado com a energia



Fonte: Zuba (2017)

**Figura 2-** Relação do IDH alto com a energia

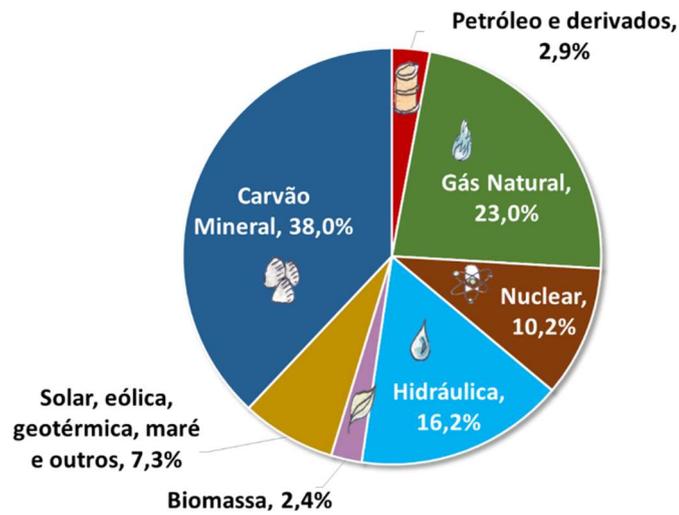
Fonte: Zuba (2017)

**Figura 3-** Relação do IDH baixo com a energia

Fonte: Zuba (2017)

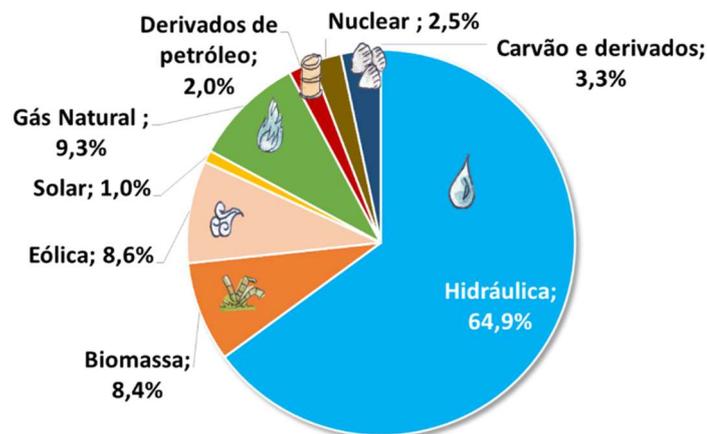
Sendo assim para se garantir qualquer avanço no IDH, pode ser necessário um maior consumo de energia e para garantir esse consumo necessita-se de maior produção de energia, sobretudo através de fontes renováveis. No Brasil especificamente quase 65% da matriz elétrica é fornecida através dos recursos hidráulicos, e menos de 15% da queima de combustíveis fósseis, enquanto no mundo esses combustíveis representam cerca de 64% (EPE, 2021). A Figura 6 nota-se que existe dependência da matriz energética não renovável em escala global já na Figura 7 mostra a matriz elétrica do Brasil, com sua maior parte de geração de energia com fontes “Limpas”.

**Figura 4 - Matriz elétrica mundial em 2019**



Fonte: EPE (2021)

**Figura 5 - Matriz elétrica brasileira em 2019**



Fonte: EPE (2021)

Nesse contexto de aumento de consumo energético surge a preocupação com os gases de efeito estufa (GGE) e com o alto índice de emissão de carbono, principalmente das fontes não renováveis, devido a isso hoje há uma preocupação em utilizar todo o potencial energético, a fim de reduzir o consumo e evitar custos adicionais, tornando as empresas mais competitivas economicamente e mais consciente ambientalmente.

Com isso em 2018 surge a norma ISO 50001, essa norma é resultando de um consenso entre especialistas internacionais que oferecem toda a experiência e boas práticas de gestão de energia. A implantação de uma Norma ISO, gera à entidade uma certificação ISO, reconhecida internacionalmente (ALMEIDA, 2016), essa certificação chancela as boas práticas relacionadas

ao uso e consumo de energia, além de criar um comprometimento com as boas práticas e melhoria contínua do sistema de gestão de energia..

O presente trabalho possui como objetivo apresentar o planejamento da implantação do sistema de gestão de energia (SGE) de acordo com a norma ABNT NBR ISO 50001 em uma unidade cloroquímica, para isso será abordada o contexto da organização, suas partes relevantes, a revisão energética e um estudo quantitativo do uso e consumo de energia e por fim planos de ação para a obtenção dessa certificação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SETOR QUÍMICO

No Brasil, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) classificou a indústria química em 2 grandes grupos, o primeiro – Fabricação de produtos químicos contendo oito segmentos e o segundo fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos contendo dois segmentos. No presente trabalho iremos abordar a fabricação de produtos químicos orgânicos e fabricação de resinas e elastômeros (IBGE, 2007).

### 2.2 SETOR QUÍMICO NO BRASIL

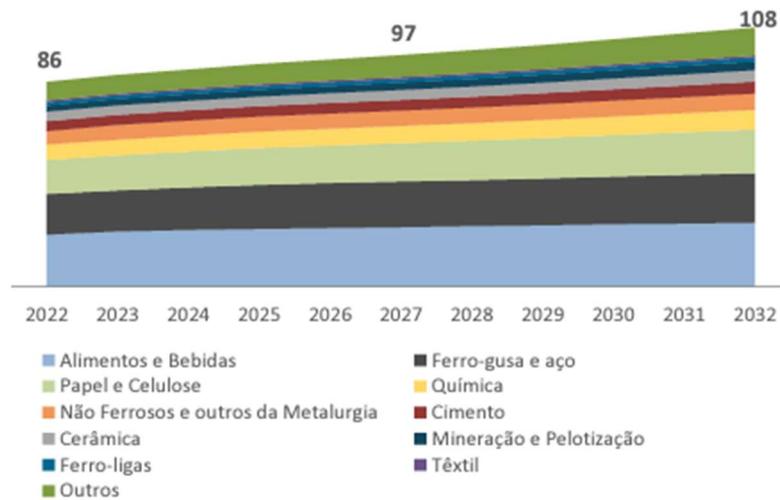
O EPE (Empresa de pesquisa energética), analisa os dados energéticos setoriais e monitora o progresso da eficiência energética no país, esse órgão está ligado ao Ministério de Minas e Energia (MME). Na Figura 6 é possível notar o impacto do setor industrial no consumo energético nacional.

**Figura 6 – Consumo energético por setor**



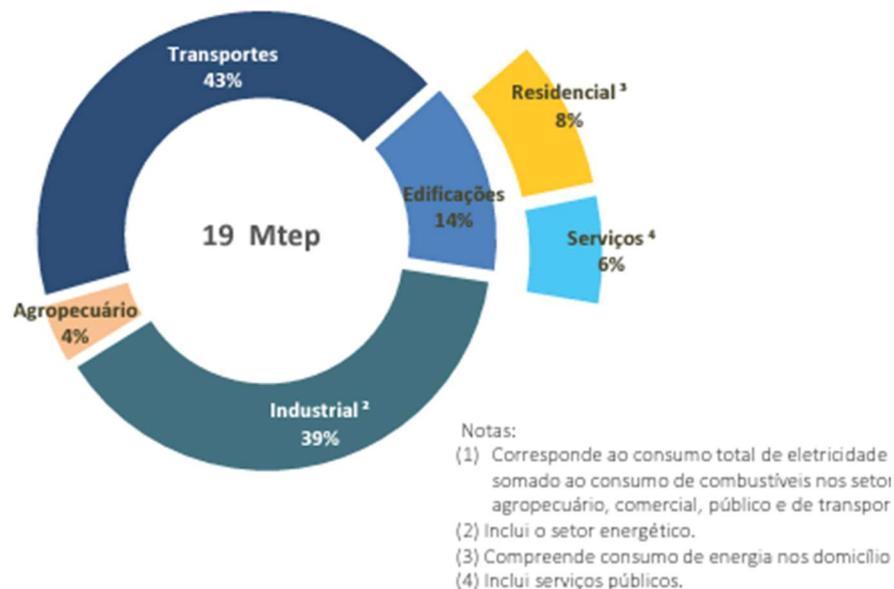
Fonte: EPE, 2022

É estimado que haja um crescimento do consumo dentro do setor industrial, contudo no segmento de químicos não há grandes variações, como mostra a figura 3, essa projeção é feita tomando como premissa a capacidade instalada atual e a criação de micro plantas a fim de atender um aumento de demanda (EPE, 2023).

**Figura 7-** Evolução do consumo por segmento industrial [Mtep]

Fonte: EPE, 2023

O EPE, também propõe uma estimativa de ganho de eficiência energética por setor, assim estima-se que em 2023 a indústria representará um ganho de 39% em toda a eficiência do país, como mostra a **Figura 8 – Contribuição setorial para o ganho de eficiência energética em 2032** Figura 8 (EPE, 2023).

**Figura 8 –** Contribuição setorial para o ganho de eficiência energética em 2032

Fonte: EPE, 2023

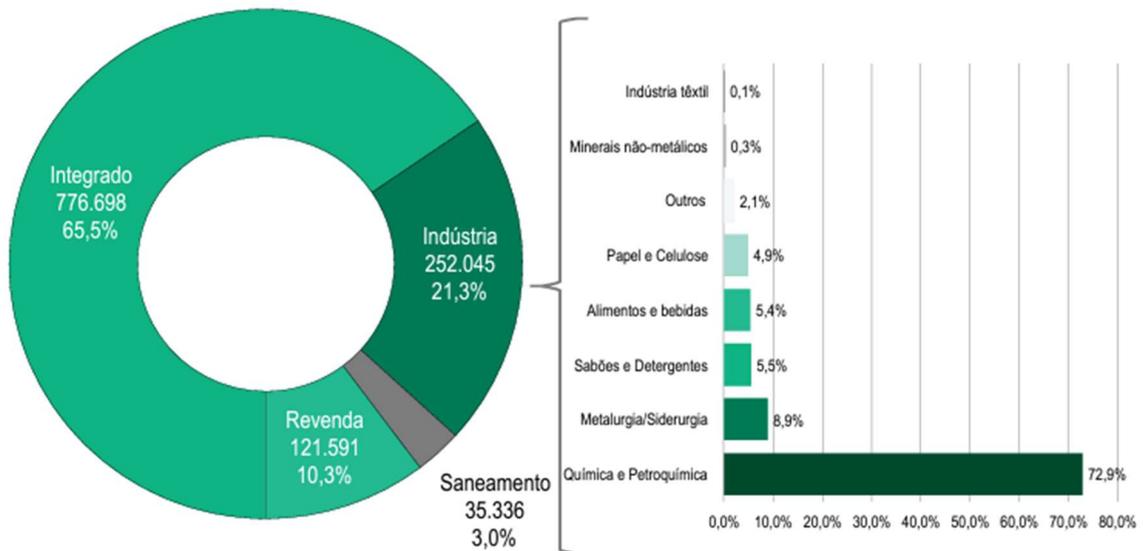
Para isso as empresas vem se modernizando e buscam evitar o desperdício de energia, no caso das indústrias químicas, a energia representa 20% dos custos industriais para o setor, sendo um ponto de competitividade importante para a manutenção das empresas (MURICI, 2018).

### 2.3 SETOR CLOROQUÍMICO

O setor cloroquímico tem como característica os processos ligados a comercialização de produtos e subprodutos do cloro. É comum que as empresas cloroquímicas possuam a união entre gerações da cadeia produtiva do plástico dentro do seu processo. Essa cadeia é dividida em três gerações, sendo a primeira geração caracterizada pelo consumo de nafta e gás natural para a produção de químicos básicos, a segunda geração pelo consumo desses químicos para a criação de resinas plásticas e por fim essas resinas se transformam nos produtos (PADILHA; BOMTEMPO, 1999).

A Figura 9 demonstra essa integração entre gerações, o consumo integrado representa a maior parcela do uso doméstico do cloro. Isso se dá pois o cloro é um produto intermediário, segundo a Abiclor (Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e derivados), esse item é utilizado em 16 setores de atividade econômicas (ABICLOR, 2020).

**Figura 9-** Composição da demanda por cloro no Brasil em 2019



Fonte: Abiclor, 2020

Esse setor é considerado energointesivo, ou seja possui um grande consumo energético das mais variadas fontes e também uma capacidade grande de conservação de energia, sobretudo energia térmica (BAJAY; GORLA; BORDONI, 2009).

Na Tabela 1 há a produção segmentada dentro do setor químico, é possível identificar que o consumo energético do setor de cloro-Alcalis é maior percentualmente tendo a segunda maior disparidade, atrás apenas dos elastômeros (SZKLO; SOARES; TOLMASQUIM, 2004)

**Tabela 1-** Consumo energético da indústria química brasileira (%)

<b>Segmento</b>	<b>Produção (tons)</b>	<b>Consumo de energia</b>
<b>Eteno</b>	19,20%	33,20%
<b>Propeno</b>	7,60%	5,70%
<b>BTX</b>	5,50%	5,60%
<b>Fertilizantes</b>	39,70%	20,90%
<b>Cloro-Alcalis</b>	7%	8,50%
<b>Elastômeros</b>	1%	2,60%
<b>Química Fina</b>	2,60%	1,80%
<b>Total</b>	82,60%	78,20%

Fonte: Szklo et al., 2004.

## 2.4 ISO 50001 – SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA

A ISO 50001 foi criada em 2011 com o objetivo principal de estabelecer requisitos mínimos e específicos que garantem a melhoria contínua do desempenho energético da organização que a adota. Para isso a norma fornece um modelo a seguir e operar o sistema de gestão, que gerencia o modo de usar a energia, aumentando a eficiência energética, reduzindo o desperdício ou melhorando os processos atuais (ISO, 2018).

Em 2018 essa norma passou por uma revisão, estando assim na sua segunda versão, essa revisão foi necessária para incorporar à norma ao *High Level Structure* (HLS), essa iniciativa da ISO, garante o uso uniforme dos principais textos, termos e definições (JIN et al., 2021).

Sua implantação e manutenção é baseada na melhoria contínua e utiliza o ciclo *Plan-Do-Check-ACT* (PDCA), na Figura 10 - Relação entre PDCA e a estrutura do sistema de gestão de energia é apresentando a relação desse ciclo com os aspectos da norma (FOSSA; SGARBI, 2017).

**Figura 10** - Relação entre PDCA e a estrutura do sistema de gestão de energia



Fonte: Fossa, Sgarbi, 2017.

#### 2.4.1 Benefícios da implementação

A implementação da norma ISO, garante benefícios em três dimensões distintas:

1. A primeira e mais óbvia é a redução no consumo de energia, o que acarreta diretamente na redução de custos (ISO, 2018).
2. A segunda é a melhora na imagem da empresa e de terceiros, sejam eles, consumidores, fornecedores ou investidores (BORRI, 2023).
3. E a terceira é a redução de Gases de efeito estufa (GEE), outros poluentes, além da redução na emissão de gás carbono (JABBOUR et al., 2017).

#### 2.5 ISO 50001 NA INDÚSTRIA QUÍMICA

Com base na Tabela 2 - Número de certificações por segmento em 2020, é possível inferir que dos cinco maiores setores certificados na ISO 50001 mundialmente, dois estão relacionados a indústria química, sendo eles os de código 14 e 19 (ISO, 2021).

Na Tabela 3, é possível identificar o aumento anual dessa certificação em os setores, nota-se que há um aumento anual, de 2019 para 2020 esse aumentou representou 8%, enquanto de 2020 para 2021, houve um aumento de 11% (ISO, 2021).

**Tabela 2** - Número de certificações por segmento em 2020

Code	Sector	Number
17	Basic metal & fabricated metal products	1175
3	Food products, beverage and tobacco	782
14	Rubber and plastic products	731
12	Chemicals, chemical products & fibres	580
19	Electrical and optical equipment	455

Fonte: ISO, 2021.

**Tabela 3** - Certificações ativas por ano

Ano	Certificações
2019	18209
2020	19731
2021	21907

Fonte: ISO, 2021.

## 2.6 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

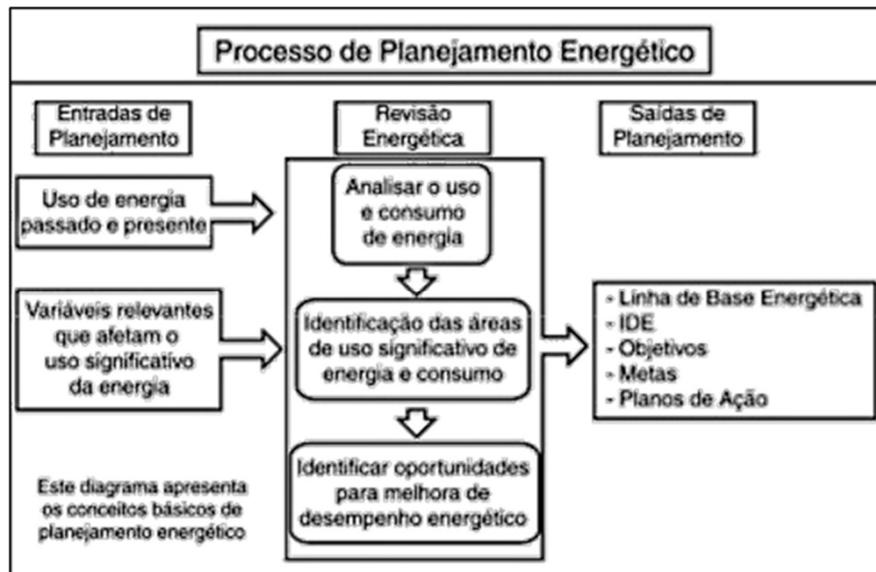
O planejamento é o lado racional da ação, ou seja através dele se permite construir caminhos, avaliar cenários, estruturar ideias de reavaliar os processos (RIBEIRO, 2011). Cima (2006), sistematizou a atividade do planejamento como:

1. Estabelecimento de objetivos e metas a serem alcançados.
2. Diagnóstico da situação passada e atual, por meio de ferramentas que permitam estabelecer correlações entre as intervenções passadas e a atual situação. Consiste, portanto, na reunião da maior quantidade de dados possível, com a finalidade de examinar o problema em todos os seus aspectos.
3. Estabelecimento de políticas, que determinam o que fazer e como fazer, para se atingir os objetivos.

O planejamento energético da empresa que optar pela implementação da ABNT NBR ISO 50001, deve ser consonante com o planejamento energético do país (ALMEIDA, 2016). O Brasil é o país com a matriz energética mais limpa do mundo, e há incentivo e reservas para se manter assim (TOLMASQUIM, 2012). Contudo há uma busca por fontes renováveis para cumprimento de pactos sociais e ambientais dos órgãos governamentais (EPE, 2023)

Para atender a ABNT NBR ISO 50001, o processo de planejamento energético é dividido em três partes, as entradas, as saídas e revisão energética. Esse diagrama está representado na Figura 11. E cada ponto desse será abordado no capítulo 3.

Figura 11- Diagrama do processo de planejamento energético



Fonte: ABNT, 2011.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PLANEJAMENTO

#### 3.1 ENTENDER A ORGANIZAÇÃO E SEU CONTEXTO

Plantas que fabricam o PVC normalmente integram duas unidades. Uma que produz o monômero Cloreto de Vinila (MVC) e outra que produz Policloreto de Vinila (PVC), com essa integração muitas vezes o MVC, recém produzido é enviado para um sistema de tanques, adicionando anti-polimerizantes, evitando assim a polimerização espontânea (TAVARES; SILVA, 2017). Um exemplo típico de uma unidade pode ser visto na figura Figura 12.

Figura 12 - Unidade cloroquímica



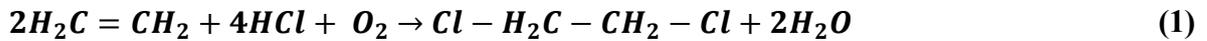
Fonte: Gazeta Web, 2022.

##### 3.1.1 Planta de Monômero Cloreto de Vinila (MVC)

A maneira globalmente difundida de se produzir MVC é através do processo balanceado, isso acontece pelo fato da matéria prima utilizada ser mais barata, sendo utilizados nesse caso Eteno/cloro (RODOLFO.; NUNES; ORMANJI, 2006).

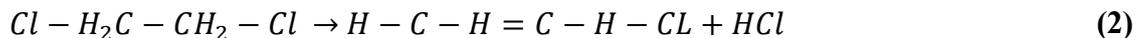
A seguir é apresentado o processo de produção passo-a-passo, para mais detalhes a figura 13 apresenta o diagrama de blocos simplificado desse processo:

1. O processo inicia com a mistura do eteno, oxigênio e ácido clorídrico (HCl), o eteno reage com o HCl na presença do oxigênio, se transformando assim em dicloroetano (DCE), como mostra a equação 1 abaixo:



Usualmente é utilizado cobre como catalisador dessa reação em temperaturas de 250°C a 350°C (SAEKI; EMURA, 2002).

2. Tancagem, complexo de tanques e esferas onde o EDC é armazenado.
3. Destilação do Dicloreto de Etileno (DCE), sequência de torres onde se utiliza vapor para retirar elementos leves, impurezas, umidade e fornecer o produto de forma ideal para a pirólise (RODOLFO.; NUNES; ORMANJI, 2006).
4. Craqueamento - Essa área possui fornos que têm como função transformar EDC em MVC, por meio do craqueamento térmico, para isso é utilizado gás natural e oxigênio para alimentar os fornos de craqueamento, esses fornos trabalham em uma temperatura na faixa de 470 a 540°C, com pressão entre 24 à 26 atm. A equação 2 apresenta a reação de pirólise que acontece nos fornos de craqueamento:



Esse processo tem uma eficiência de cerca de 60%, devido ao alto custo para elevar um pouco mais a eficiência, utiliza-se de mecanismo para recuperar o EDC não craqueado (DIMIAN; BILDEA, 2008).

5. Destilação do MVC, nessa etapa o MVC é separado do EDC que não foi craqueado durante a etapa de pirólise, sendo assim ele passa por torres que fazem essa separação e remove a água residual do MVC, antes de ser armazenado (FIGUEIREDO, 2009).
6. Esferas, armazenam o MVC em seu último estágio para enviar para a área de Policloreto de Vinila (PVC).

### 3.1.2 Planta de Policloreto de Vinila (PVC)

A Polimerização ocorre através do reator, esses equipamentos produzem por batelada. O processo inicia com a mistura dos produtos dentro do reator, sendo esses produtos normalmente a água desmineralizada, aditivos de polimerização, dispersantes e iniciadores. Sendo um processo bastante exotérmico a temperatura é normalmente um limitante da reação, a temperatura de reação normalmente fica entre 50 e 70°C e com uma taxa de conversão da reação de 75% até os 95% (RODOLFO; NUNES; ORMANJI, 2006)

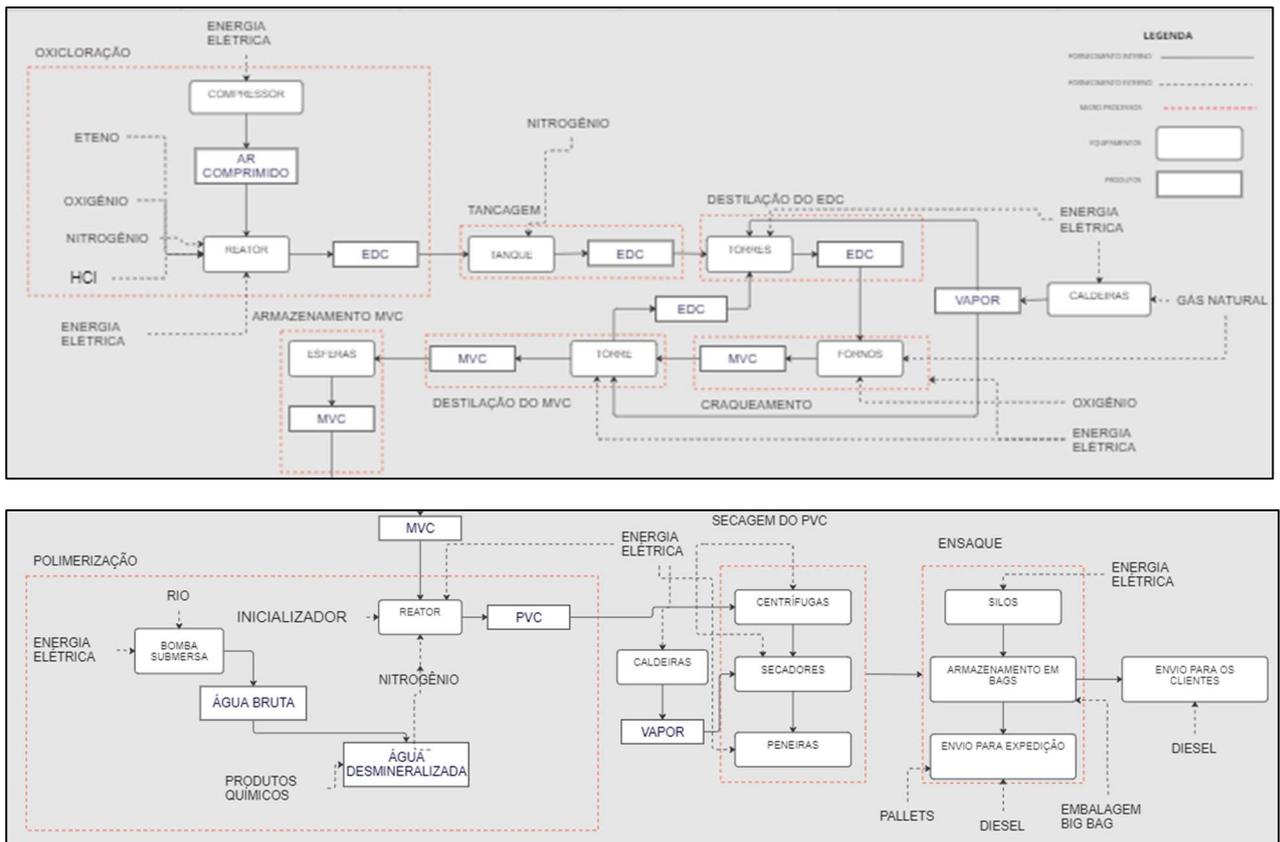
Essa lama vai para a secagem que através das centrífugas, secadores e peneiras reduz a umidade em cerca de 40%, ao fim desse processo as peneiras são utilizadas como um “filtro” de partículas, onde retêm as partículas maiores (RODRIGUES, 2012).

Por fim o PVC, seco e em partículas menores são transportados através do transporte pneumático para os silos para dar início ao processo de ensaque.

No ensaque o produto é colocado em “bags”, esses bags contêm diversos tamanhos, sendo até de 1000 Kg e são colocados de acordo com a demanda comercial, após esse ensaque o produto é organizado no pátio de expedição através de empilhadeira para pôr fim ser levado em caminhões ao cliente final.

Na figura Figura 13 é possível verificar o fluxograma dessas duas unidades.

Figura 13- Fluxograma de produção



Fonte: Autor, 2023.

### 3.1.3 Organograma

No apêndice A há uma representação de um organograma típico de uma unidade cloroquímica.

### 3.2 ENTENDER A EXPECTATIVA DAS PARTES INTERESSADAS

As partes interessadas foram divididas em dois grupos e para cada parte foi traçado a expectativa e a sua respectiva necessidade. Essas partes estão apresentadas no apêndice B.

### 3.3 DEFINIÇÃO DO ESCOPO E DAS FRONTEIRAS

Serão abordadas as atividades descritas na Figura 13- Fluxograma de produção, a fronteira desse fluxograma pode ser vista através da linha vermelha contínua no apêndice C, excluindo assim os produtos de fornecimento externo, essas atividades exemplificam a rotina de uma empresa cloroquímica. No apêndice é possível encontrar os tipos de energia que fazem parte dessa operação, são eles:

1. Energia elétrica,
2. Gás natural;
3. Gasolina;
4. Diesel;
5. Vapor.

Como toda a unidade será envolvida, haverá representantes de todos os setores apresentados no apêndice B somado a essas pessoas estarão também as empresas terceiras.

A alta direção será representada pelo diretor industrial ou por um representante e os limites geográficos são os muros das unidades, assim nada que ficar após os muros serão considerados no SGE.

Os requisitos legais das partes interessadas devem ser considerados, assim a adequação para as normas e leis vigentes mapeadas no tópico 3.5 serão incluídas no escopo do SGE.

### 3.4 REPRESENTANTE DA DIREÇÃO

O representante da direção deve possuir um arcabouço técnico relacionado a implantação de melhorias utilizando o PDCA e habilidades de gestão de pessoas e projetos, além de serem tomadores de decisão estratégica. Assim há algumas opções tipicamente recomendadas para assumir esse cargo, são eles:

Diretor industrial: Representa o topo da hierarquia organizacional, detém conhecimentos de gestão e possui influência em toda organização para executar o SGE, além do conhecimento

ímpar sobre a unidade a qual está inserido. É importante observar que a depender da configuração da organização, o diretor industrial pode não ser a alta direção e neste caso seria quem delega um representante, mas em algumas organizações principalmente de porte maior, existe um alta direção acima do diretor industrial, por exemplo em se tratando de uma organização com várias unidades produtivas onde existe vice presidente, diretor geral ou superintendente.

Gerente de qualidade: Área relacionada a certificações e normas, a experiência prévia auxilia na implementação da ISO 50001.

Gerente de produção: Possui um conhecimento amplo sobre a unidade inserida, detendo conhecimentos transversais relacionados às diversas áreas e variáveis que podem afetar no processo produtivo.

Os gerentes possuem interface direta com o líder industrial, o que auxilia na obtenção de recursos e tomadas de decisão que impactam no SGE.

### 3.5 ESTABELECIMENTO DA EQUIPE DE ENERGIA

Com base no organograma apresentando no apêndice B, a equipe de energia é apresentada no apêndice D, juntamente com a matriz de responsabilidade.

### 3.6 DEFINIÇÃO DA POLÍTICA ENERGÉTICA

Por ser uma organização energointensiva fabricante de policloreto de vinila (PVC), há uma preocupação em diminuir os impactos sociais e ambientais das suas operações além da busca pela redução dos custos operacionais. A fim de atingir os objetivos energéticos e melhorar continuamente o sistema de gestão de energia, a alta direção da empresa, firma os seguintes compromissos:

- a) Promover a proteção do meio ambiente, buscando a redução das emissões de gases de efeito estufa;
- b) Instalar aparelhos para medições diretas e indiretas dos equipamentos. Além de fomentar a capacitação dos funcionários para obter um acompanhamento real do consumo dos equipamentos com maior uso de energia;
- c) Monitorar e avaliar continuamente o desempenho energético, com base em indicadores normalizados. Além de se comprometer em comunicar claramente os objetivos e metas energéticas para os stakeholders;

- d) Cumprir todas as leis, regulamentações e requisitos aplicáveis relacionados à eficiência energética;
- e) Criar um rígido controle focando na melhoria contínua dos seus equipamentos, instalações, processos e métodos que impactam nos resultados do SGE;
- f) Apoiar a compra de produtos com melhores eficiências energéticas, tornando esse um dos principais fatores avaliados;
- g) Fomentar ideias, projetos e soluções para reduzir o consumo energético.

### 3.7 REQUISITOS LEGAIS E OUTROS REQUISITOS

Assim como no tópico 3.2, foi dividido em alguns grupos, sendo, estado brasileiro, órgão responsável pela normalização técnica e organizações intergovernamentais. Cada um desses possui outros subgrupos que podem ser checados no anexo A.

### 3.8 REVISÃO ENERGÉTICA

#### 3.8.1 Análise de uso e consumo de energia

Os tipos de energia foram levantados e estimados, respectivamente por sistema, subsistema e equipamento. No apêndice E, há a lista completas do uso e consumo estimado dos equipamentos.

#### 3.8.2 Análise dos usos e consumos passados e atuais.

Será necessário normalizar os dados, transformando assim todos em MWh. A primeira fonte energética é o gás natural.

De acordo com a ANP (Agência Nacional do Petróleo) o poder calorífico inferior médio do gás natural seco é de 8.800 kcal/Kg (ANP, 2022). Assim, utilizando essa informação e sabendo que o fator de conversão 1 MWh = 3600000 kJ, o poder calorífico inferior (PCI), em MWh é dado pela equação 3:

$$E = PCI \times P \times C = \frac{8.800 \text{ kcal/Kg} \times 4.148 \text{ J}}{3600000} \times P \times C = 10,23 \text{ MWh/t} \quad (3)$$

Sendo:

E = Energia (MWh)

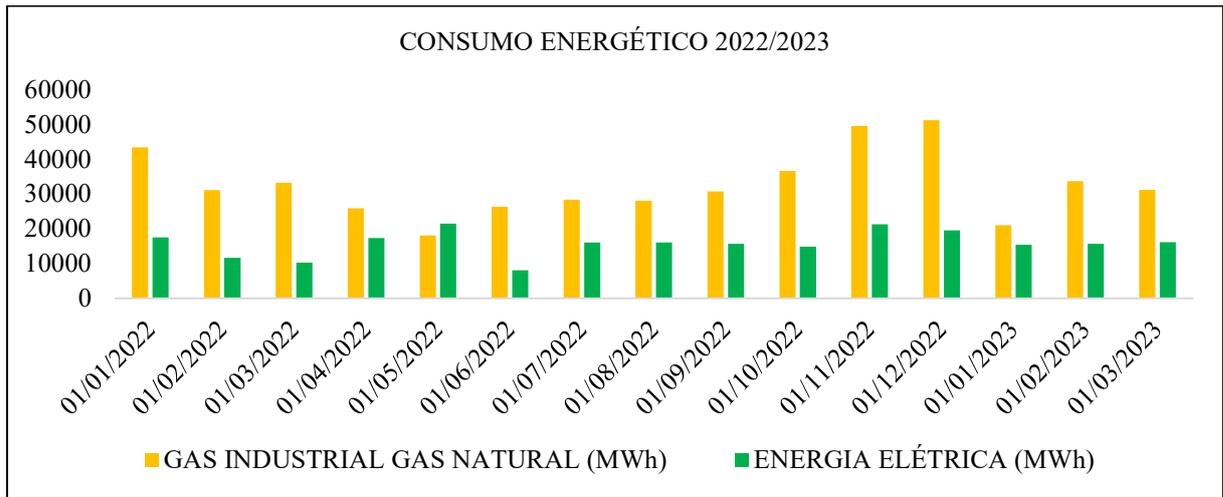
P = Produção (t)

C = Consumo de gás (m<sup>3</sup>/t)

O Segundo energético é a energia elétrica, não é necessário converter, pois ele já é medido em MWh.

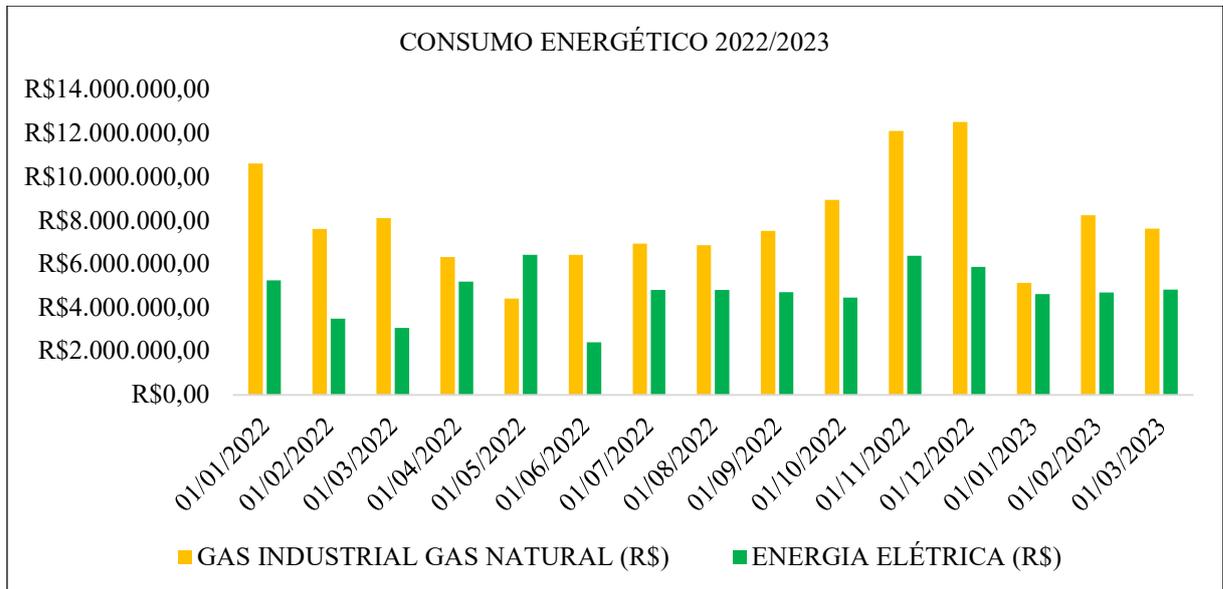
Através das equações apresentadas foi traçado o gráfico que pode ser visto na Figura 14, que representa o consumo energético do ano 2022 e início de 2023, por meio dessa análise, nota-se que o gás natural possui grande relevância no consumo. Na Figura 15 , é apresentado o custo total, que mantém esse recurso no topo do gasto com energéticos.

**Figura 14 – Consumo energético**



Fonte: Autor, 2023

**Figura 15 - Custo enegético**



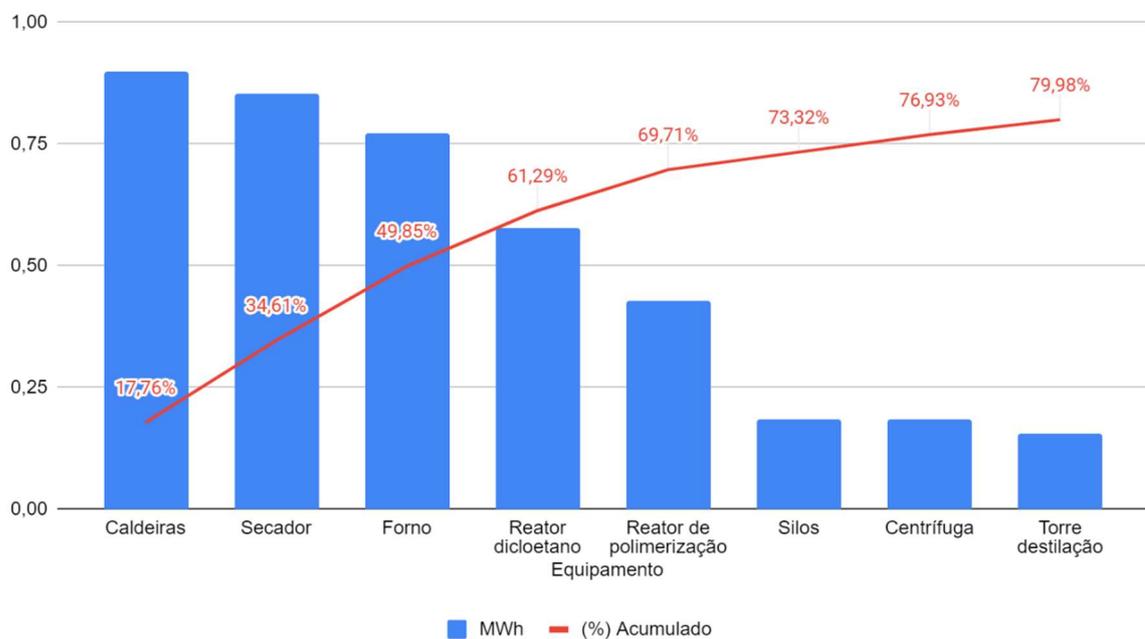
Fonte: Autor, 2023

### 3.8.3 Identificar as áreas dos usos significativos de energia (USE)

O princípio de Pareto, diz que: “poucas causas são significativas e a maioria são triviais”, assim fazendo uma relação entre o menor grupo de equipamentos e o maior impacto no consumo energético (MARIANI, 2005). Na Figura 16, é possível verificar os valores estimados do consumo desses equipamentos, nesse contexto há uma relação de 70/30, ou seja 70% do consumo é causado por 30% dos equipamentos.

Figura 16 - Pareto dos USEs

Pareto dos USEs



Fonte: Autor, 2023

Na Tabela 4 é possível verificar algumas informações a mais sobre esses USE.

Tabela 4 - Impacto dos USEs no consumo total

USE	Consumo de energia elétrica KWh	% total do consumo anual de energia elétrica	Variáveis relevantes consideradas para o USE
Caldeira	5700	17,76%	
Secador	5460	16,85%	
Forno	4922	15,24%	Produção (t)
Reator de craqueamento	3884	11,43%	
Reator de polimerização	3690	8,42%	

Fonte: Autor, 2023

### 3.8.4 Variáveis que podem afetar os USEs

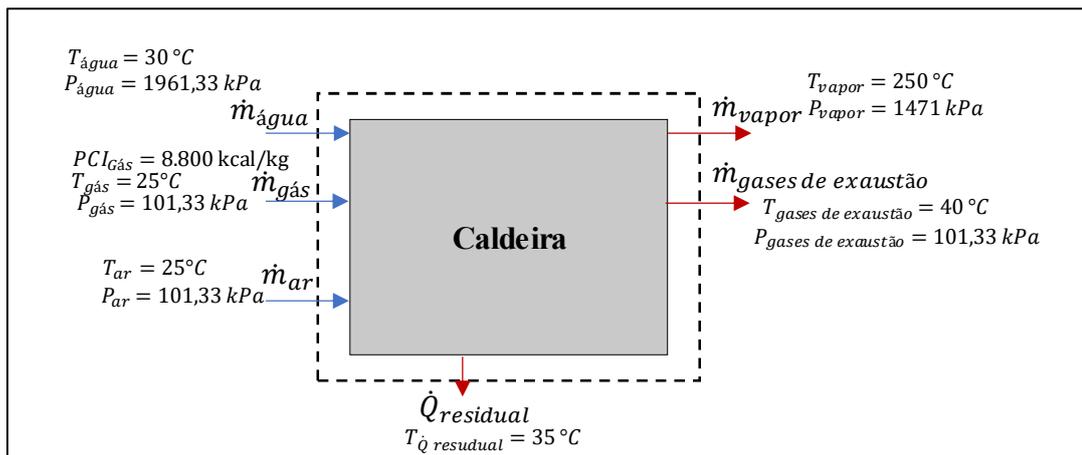
A seguir será apresentado uma análise, iniciando pelas variáveis que influenciam nos USEs, seguido das equações e pôr fim a tabela com cada uma dessas variáveis. Vale notar que o balanço do secador na Figura 18 e do reator de polimerização Figura 21 na não são feitos por meio de taxas, por serem tipicamente feitos em bateladas (LOPES, 2019).

Para a caldeira (Figura 17), secador (Figura 18) e forno (Figura 19), tomou-se as seguintes hipóteses:

1. Tipicamente a composição do gás natural é metano, propano e etano (COSTA, 2013). Sendo por lei a porcentagem do metano ser no mínimo 85% para o Brasil, exceto a região norte (Resolução ANP N° 16 DE 17/06/2008 - Federal). O PCI foi retirado do anuário 2022, fornecido pela ANP (ANP, 2022).
2. Os gases de exaustão são compostos por: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e CO (MAZZUCCO, 2012).
3. O ar é composto por: O<sub>2</sub> e N.

Assim, a Figura 17 - Variáveis que afetam a caldeira, mostra as variáveis que interagem e afetam o desempenho da caldeira:

**Figura 17** - Variáveis que afetam a caldeira



Fonte: Autor, 2023

Fazendo o balanço de massa através da equação 4:

$$\dot{m}_{\text{entrada}} - \dot{m}_{\text{saída}} = dm_{VC}/dt \quad (4)$$

$$(\dot{m}_{\text{água}} + \dot{m}_{\text{gás}} + \dot{m}_{\text{ar}}) - (\dot{m}_{\text{vapor}} + \dot{m}_{\text{gases de exaustão}}) = dm_{VC}/dt$$

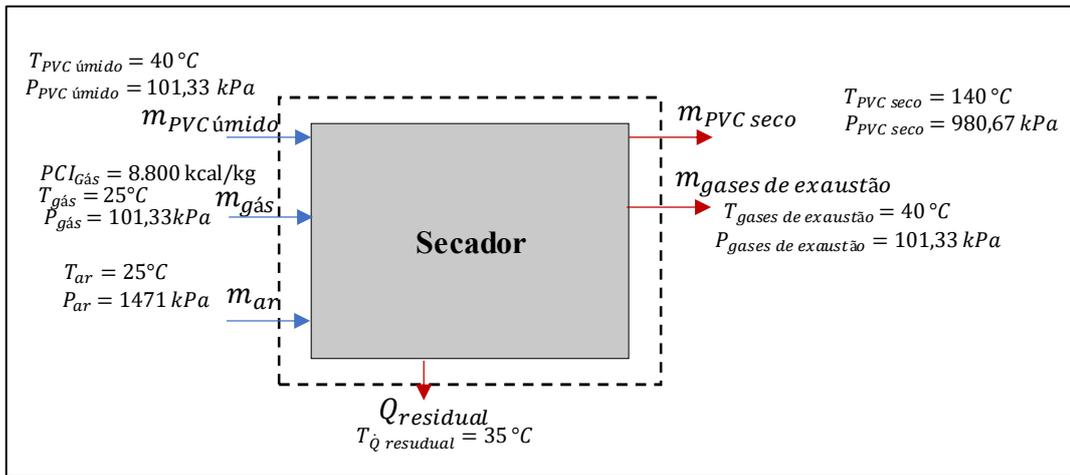
$$(\dot{m}_{\text{água}} + \dot{m}_{CH_4} + \dot{m}_{C_2H_6} + \dot{m}_{C_3H_8} + \dot{m}_{O_2} + \dot{m}_N) - (\dot{m}_{\text{vapor}} + \dot{m}_{CO_2} + \dot{m}_{O_2} + \dot{m}_{CO} = dm_{VC}/dt)$$

Por fim, fazendo o balanço de energia através da equação 5:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{\text{entrada}} - \dot{E}_{\text{saída}} &= dE_{\text{sistema}}/dt \\ -\dot{Q}_{\text{residual}} &= dE_{\text{sistema}}/dt \\ -(\dot{Q}_{\text{condução}} + \dot{Q}_{\text{radiação}}) &= dE_{\text{sistema}}/dt \\ -\left(k_t A \frac{\Delta T}{\Delta x} + \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{viz}}^4)\right) &= dE_{\text{sistema}}/dt \end{aligned} \quad (5)$$

Utilizando a mesma sistemática para a secador é possível ver na Figura 18 o volume de controle:

Figura 18 - Variáveis que afetam o secador



Fonte: Autor, 2023

Fazendo o balanço de massa através da equação 6:

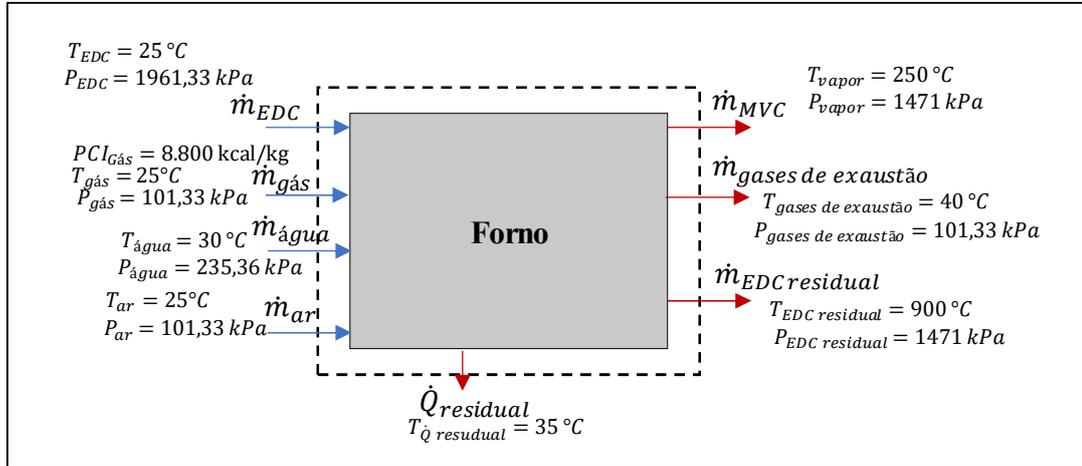
$$\begin{aligned} m_{\text{entrada}} - m_{\text{saída}} &= \Delta m_{VC} \\ (m_{PVC \text{ úmido}} + m_{gás} + m_{ar}) - (m_{PVC \text{ seco}} + m_{gases \text{ de exaustão}}) &= \Delta m_{VC} \\ (m_{PVC \text{ úmido}} + m_{CH_4} + m_{C_2H_6} + m_{C_3H_8} + m_{O_2} + m_N) \\ - (m_{PVC \text{ seco}} + m_{CO_2} + m_{O_2} + m_{CO}) &= \Delta m_{VC} \end{aligned} \quad (6)$$

Por fim, fazendo o balanço de energia através da equação 7:

$$\begin{aligned} E_{\text{entrada}} - E_{\text{saída}} &= \Delta E_{\text{sistema}} \\ -Q_{\text{residual}} &= \Delta E_{\text{sistema}} \\ -(Q_{\text{condução}} + Q_{\text{radiação}}) &= \Delta E_{\text{sistema}} \\ -\left(k_t A \frac{\Delta T}{\Delta x} + \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{viz}}^4)\right) &= \Delta E_{\text{sistema}} \end{aligned} \quad (7)$$

Para o forno o volume de controle pode ser visto na **Erro! Autoreferência de indicador não válida.:**

**Figura 19** - Variáveis que afetam o forno



Fonte: Autor, 2023

Fazendo o balanço de massa através da equação 8:

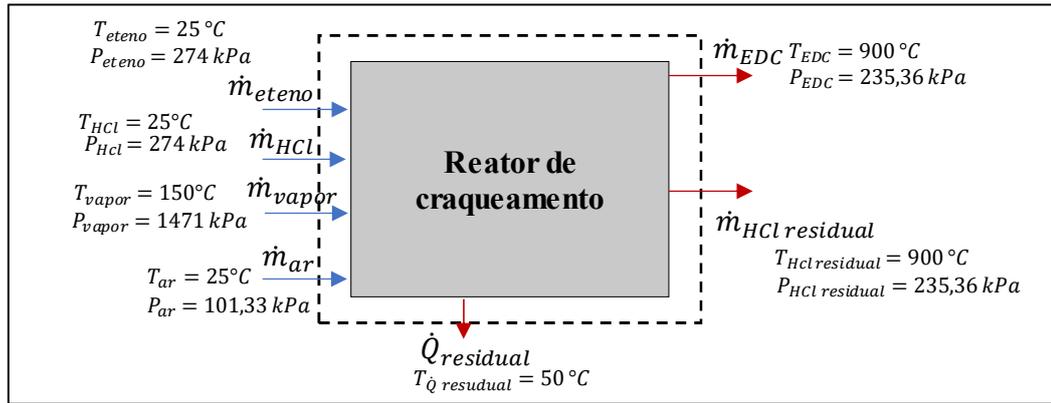
$$\begin{aligned} \dot{m}_{entrada} - \dot{m}_{saída} &= dm_{VC}/dt \\ (\dot{m}_{EDC} + \dot{m}_{gás} + \dot{m}_{água} + \dot{m}_{ar}) - (\dot{m}_{MVC} + \dot{m}_{gases\ de\ exaustão} + \dot{m}_{EDC\ residual}) & \\ &= dm_{VC}/dt \\ (\dot{m}_{EDC} + \dot{m}_{CH_4} + \dot{m}_{C_2H_6} + \dot{m}_{C_3H_8} + \dot{m}_{água} + \dot{m}_{O_2} + \dot{m}_N) & \\ - (\dot{m}_{MVC} + \dot{m}_{CO_2} + \dot{m}_{O_2} + \dot{m}_{CO} + \dot{m}_{EDC\ residual}) &= (dm_{VC}/dt) \end{aligned} \quad (8)$$

Por fim, fazendo o balanço de energia através da equação 9:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{saída} &= dE_{sistema}/dt \\ -\dot{Q}_{residual} &= dE_{sistema}/dt \\ -(\dot{Q}_{condução} + \dot{Q}_{radiação}) &= dE_{sistema}/dt \\ -\left(k_t A \frac{\Delta T}{\Delta x} + \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{viz}^4)\right) &= dE_{sistema}/dt \end{aligned} \quad (9)$$

Para o reator de craqueamento o volume de controle pode ser visto na Figura 20:

**Figura 20** - Variáveis que afetam o reator de craqueamento



Fonte: Autor, 2023

Fazendo o balanço de massa através da equação 10:

$$\dot{m}_{entrada} - \dot{m}_{saída} = dm_{VC}/dt \quad (10)$$

$$(\dot{m}_{eteno} + \dot{m}_{HCl} + \dot{m}_{vapor} + \dot{m}_{ar}) - (\dot{m}_{EDC} + \dot{m}_{HCl\text{ residual}}) = dm_{VC}/dt$$

$$(\dot{m}_{eteno} + \dot{m}_{HCl} + \dot{m}_{vapor} + \dot{m}_{O_2} + \dot{m}_N) - (\dot{m}_{EDC} + \dot{m}_{HCl\text{ residual}}) = dm_{VC}/dt$$

Por fim, fazendo o balanço de energia através da equação 11:

$$\dot{E}_{entrada} - \dot{E}_{saída} = dE_{sistema}/dt \quad (11)$$

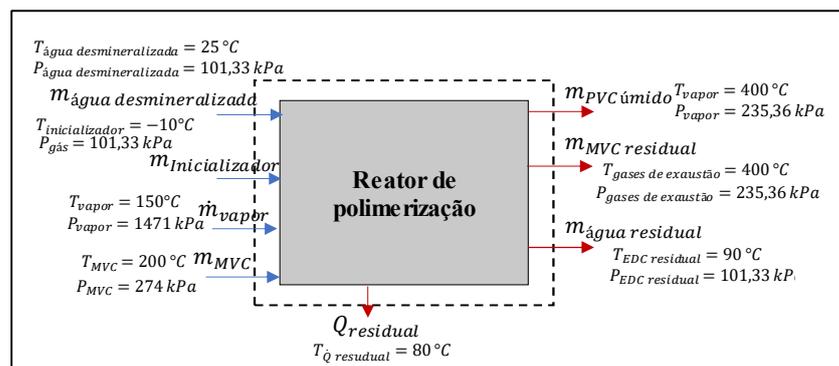
$$-\dot{Q}_{residual} = dE_{sistema}/dt$$

$$-(\dot{Q}_{condução} + \dot{Q}_{radiação}) = dE_{sistema}/dt$$

$$-\left(k_t A \frac{\Delta T}{\Delta x} + \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{viz}^4)\right) = dE_{sistema}/dt$$

Para o reator de polimerização o volume de controle pode ser visto na Figura 21:

**Figura 21** - Variáveis que afetam o reator de polimerização



Fonte: Autor, 2023

Fazendo o balanço de massa através da equação 12:

Balanço de massa

$$\begin{aligned}
 m_{entrada} - m_{saída} &= \Delta m_{VC} & (12) \\
 (m_{\text{água desmineralizada}} + m_{\text{inicializador}} + m_{MVC} + m_{\text{vapor}}) - (m_{PVC \text{ úmido}} \\
 + m_{MVC \text{ residual}} + m_{\text{água residual}}) &= \Delta m_{VC}
 \end{aligned}$$

Por fim, fazendo o balanço de energia através da equação 13:

$$\begin{aligned}
 E_{entrada} - E_{saída} &= \Delta E_{sistema} & (13) \\
 -Q_{residual} &= \Delta E_{sistema} \\
 -(Q_{condução} + Q_{radiação}) &= \Delta E_{sistema} \\
 -\left(k_t A \frac{\Delta T}{\Delta x} + \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{viz}^4)\right) &= \Delta E_{sistema}
 \end{aligned}$$

No Quadro 1 – Variáveis relevantes dos USEs, é possível identificar as variáveis relevantes que afetam os USEs, essas variáveis foram divididas em dois grupos, projeto e operação.

**Quadro 1** - Varáveis relevantes dos USEs

(Continua)

Volume de controle	USEs	Variáveis de projeto	Variáveis de operação
$m_{\text{água}}$	Caldeira Forno	Vazão (m <sup>3</sup> /s); Pressão do fluido (kPa);	Contaminação da água (ppm); Ph; Temperatura da água (°C);
$m_{CH_4}$	Caldeira Secador Forno	Poder calorífico do combustível (kcal/m <sup>3</sup> ); Concentração de metano (g/cm <sup>3</sup> ); Pressão do fluido (kPa);	Presença de outras gases (gm/cm <sup>3</sup> ); Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{C_2H_4}$	Caldeira Secador Forno	Poder calorífico do combustível (kcal/m <sup>3</sup> ); Concentração de etano (g/cm <sup>3</sup> ); Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{C_3H_8}$	Caldeira Secador Forno	Poder calorífico do combustível (kcal/m <sup>3</sup> ); Concentração de propano (g/cm <sup>3</sup> ); Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);

Quadro 1 – Variáveis relevantes dos USEs

(Continua)

Volume de controle	USEs	Variáveis de projeto	Variáveis de operação
$m_{O_2}$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento	Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_N$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento	Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{vapor}$	Caldeira Reator craqueamento Reator polimerização	Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{CO_2}$	Caldeira Secador Forno	Concentração de dióxido de carbono (g/cm <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{CO}$	Caldeira Secador Forno	Concentração de monóxido de carbono (g/cm <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{PVC \text{ úmido}}$	Secador Reator polimerização	Vazão (m <sup>3</sup> /s); Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C); Densidade (kg/m <sup>3</sup> );
$m_{PVC \text{ seco}}$	Secador	Vazão (m <sup>3</sup> /s);	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C); Densidade (kg/m <sup>3</sup> );
$m_{EDC}$	Forno Reator craqueamento	Vazão (m <sup>3</sup> /s); Pressão do fluido (kPa);	Presença de contaminantes (ppm); Temperatura da substância (°C);
$m_{MVC}$	Forno Reator polimerização	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{EDC \text{ residual}}$	Forno	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Temperatura da substância (°C);
$m_{eteno}$	Reator craqueamento	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{HCl}$	Reator craqueamento	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{HCl \text{ residual}}$	Reator craqueamento	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Presença de contaminantes (ppm); Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);

Quadro 1 – Variáveis relevantes dos USEs

(Continua)

Volume de controle	USEs	Variáveis de projeto	Variáveis de operação
$m_{\text{água desmin.}}$	Reator polimerização	Vazão (m <sup>3</sup> /s); Pressão do fluido (kPa);	Contaminação da água (ppm); Ph; Temperatura da água (°C);
$m_{\text{inicializador}}$	Reator polimerização	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Temperatura da substância (°C);
$m_{\text{MVC residual}}$	Reator polimerização	Eficiência da reação (t/m <sup>3</sup> );	Umidade (gm/cm <sup>3</sup> ); Temperatura da substância (°C);
$m_{\text{água residual}}$	Reator polimerização	Vazão (m <sup>3</sup> /s); Pressão do fluido (kPa);	Contaminação da água (ppm); Ph; Temperatura da água (°C);
$K_T$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento Reator polimerização	Material do equipamento (W/m.K); Material do isolamento (W/m.K); Material do refratário (W/m.K);	
$\Delta T$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento Reator polimerização	Conservação de calor interno (°C);	Varição da temperatura da chama (°C);
$\Delta X$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento Reator polimerização	Espessura do equipamento (m); Espessura do isolamento (m);	
$\varepsilon$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento Reator polimerização	Material utilizado;	
$T_s$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento Reator polimerização		Produção estimada (t);

**Quadro 1** – Variáveis relevantes dos USEs

(Conclusão)

Volume de controle	USEs	Variáveis de projeto	Variáveis de operação
$T_{viz}$	Caldeira Secador Forno Reator craqueamento Reator polimerização		Temperatura do ambiente (°C);

Fonte: Autor, 2023.

### 3.8.5 Desempenho atual

Com base nos dados apresentados anteriormente é possível retratar individualmente o desempenho dos USEs, através da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, assim:

**Tabela 5** - Desempenho dos USEs

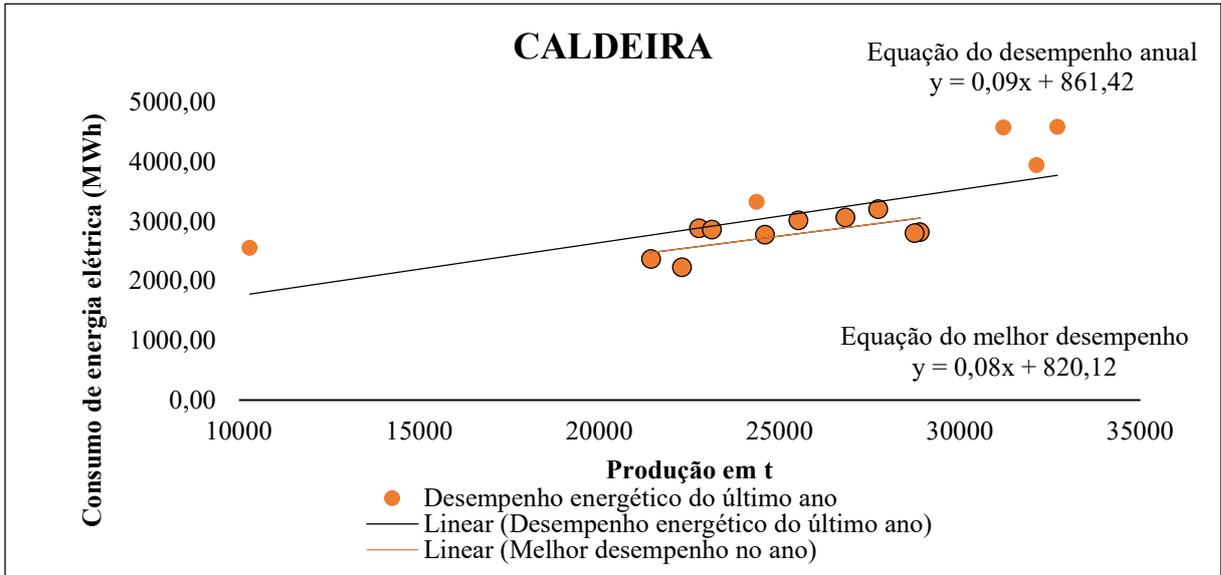
MÊS	CALDEIRA (MWh)	SECADOR (MWh)	FORNO (MWh)	REATOR CRAQUEAMENTO (MWh)	REATOR POLIMERIZAÇÃO (MWh)	PRODUÇÃO (t)
JAN	3951,33	3756,50	3391,20	2672,78	2538,83	32125,17
FEV	2773,31	2636,57	2380,18	1875,94	1781,93	24595,28
MAR	2816,36	2677,49	2417,12	1905,06	1809,59	28892,71
ABR	2797,94	2659,99	2401,32	1892,60	1797,75	28746,73
MAI	2559,40	2433,20	2196,59	1731,24	1644,48	10301,79
JUN	2224,99	2115,29	1909,59	1505,04	1429,62	22294,74
JUL	2880,92	2738,87	2472,53	1948,73	1851,07	22770,13
AGO	2858,50	2717,56	2453,29	1933,56	1836,66	23121,69
SET	3012,53	2864,00	2585,49	2037,75	1935,63	25528,51
OUT	3335,85	3171,37	2862,97	2256,45	2143,37	24365,09
NOV	4593,84	4367,33	3942,63	3107,39	2951,66	32702,15
DEZ	4587,35	4361,16	3937,06	3103,00	2947,49	31209,25
JAN	2363,14	2246,62	2028,15	1598,49	1518,38	21437,97
FEV	3200,22	3042,43	2746,57	2164,71	2056,23	27739,11
MAR	3064,73	2913,62	2630,28	2073,06	1969,17	26824,48

Fonte: Autor, 2023.

Com esses dados é possível criar gráficos de dispersão de cada um dos USEs, a Figura 22, mostra essa curva para a caldeira, pode-se notar uma distorção grande em um dos meses, em relação a produção, esse mesmo padrão é notável na Figura 23, que representa a secador, na Figura

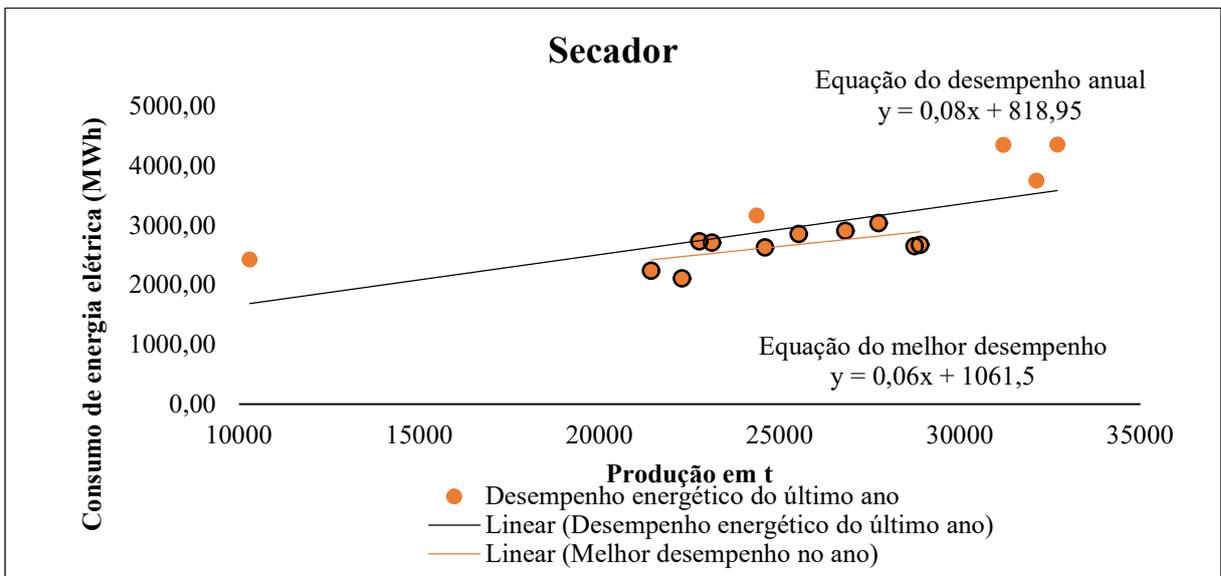
24, que representa o forno, na Figura 25 , que representa o reator de craqueamento e por fim na Figura 26 que representa o reator de polimerização, com base na tabela, pode-se notar que há uma produção menor no mês de maio, o que impactou no desempenho.

Figura 22 - Desempenho atual da caldeira



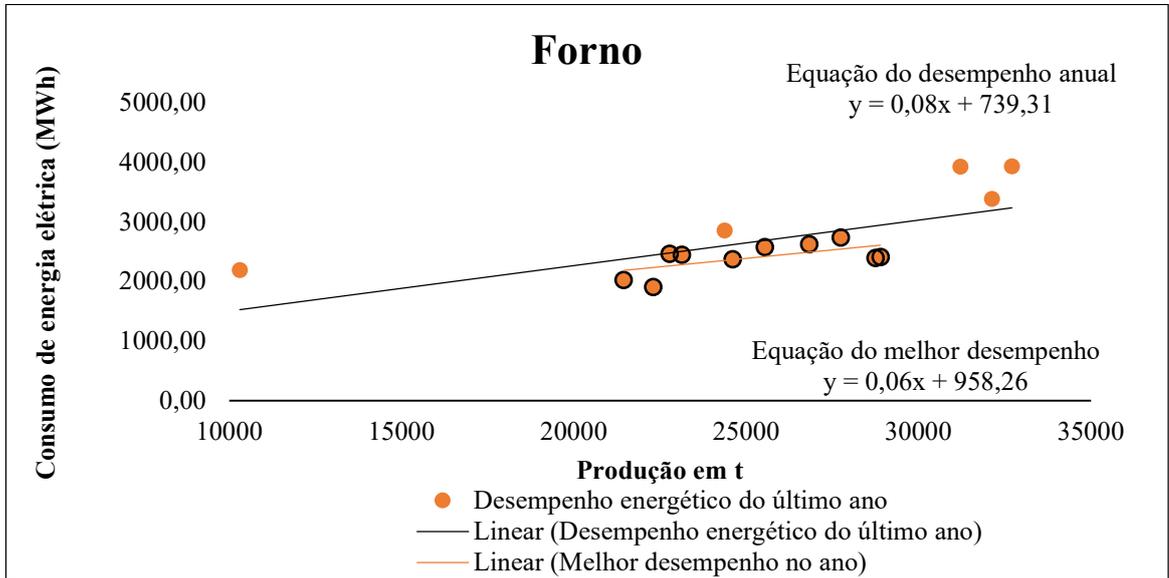
Fonte: Autor, 2023.

Figura 23 - Desempenho atual do secador



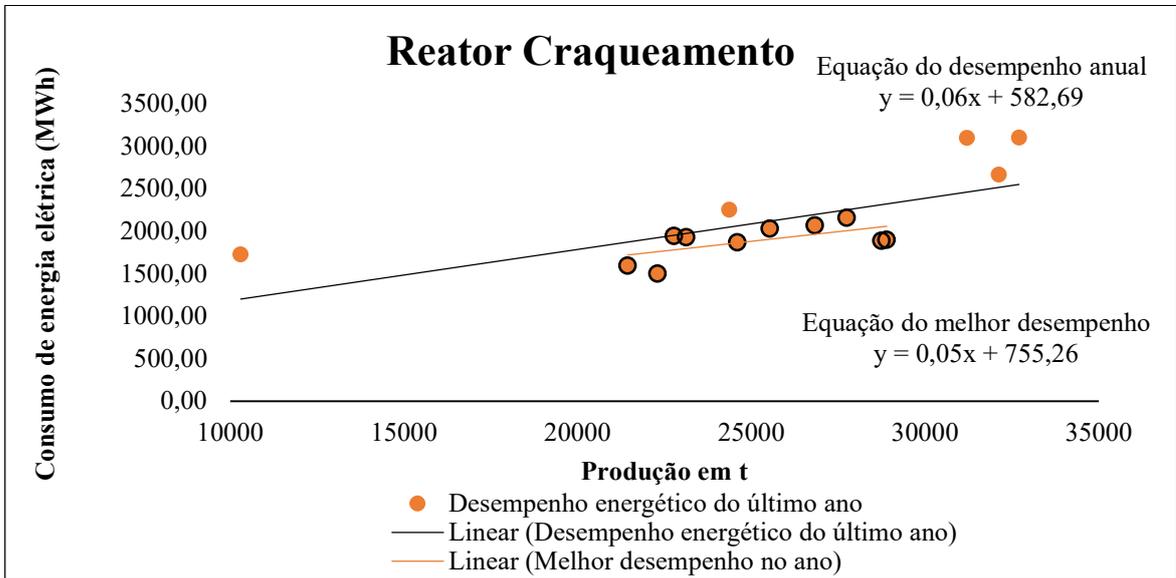
Fonte: Autor, 2023.

Figura 24 - Desempenho atual do forno



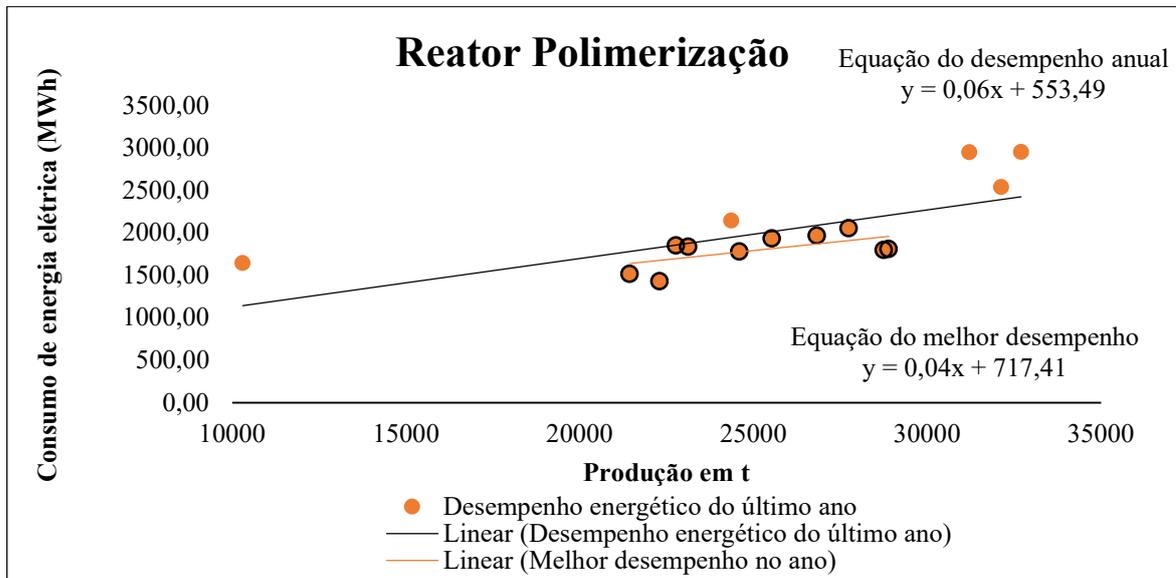
Fonte: Autor, 2023.

Figura 25 - Desempenho atual do reator de craqueamento



Fonte: Autor, 2023.

**Figura 26** - Desempenho atual do reator de polimerização



Fonte: Autor, 2023.

### 3.8.6 Identificar, priorizar e avaliar oportunidades para melhoria do desempenho energético

#### 3.8.6.1 Identificar

Uma maneira de identificar banco de ideias, essa ferramenta consiste em fomentar, captar e armazenar ideias sobre um determinado tema, com isso as pessoas que interagem diretamente com os USE's podem sugerir (OLIVEIRA et al., 2016).

Outra forma é através do estudo da arte de cada USE é possível aplicar algumas soluções já teorizadas por acadêmicos, como por exemplo:

1. Aumento da eficiência energética através do retorno de condensado (CARDOSO, 2018);
2. Estudo das perdas energéticas na radiação dos fornos de pirólise (BUENO, 2016)
3. Utilização de bomba de calor durante a secagem do PVC (ALMEIDA, 2019);

#### 3.8.6.2 Critérios de priorização

A fim de priorizar as ideias com maiores impactos, serão utilizados 5 critérios, são eles:

1. A estimativa da economia de energia é maior que:
  - 20% = 5;

- 15% = 4;
- 10% = 3;
- 5% = 2;
- 0% = 1;

2. O Tempo de retorno sobre o investimento é:

- <1= 5;
- <2= 4;
- <3 = 3;
- <4 = 2;
- >4 = 1;

3 - Complexidade da implantação

- < 1000 homem hora 3;
- >1000 (homem ora) 1;

4 - Há redução no consumo de carbono?

- Não = 0;
- Sim = 1;

5 - Há redução de riscos relacionados à Segurança, Saúde e Meio Ambiente?

- Não = 0;
- Sim = 1;

### 3.8.6.3 Avaliar oportunidades

A tabela 6 abaixo serve como exemplo, da aplicação do banco de ideias, na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, há o exemplo de como é feito a priorização dessas ideias, os valores calculados são estimados de acordo com a literatura.

**Tabela 6** - Exemplo do banco de ideias

(Continua)

nº	USE	Descrição	Economia de energia (%)	Economia anual (US\$)	Custo de implementação (US\$)	Retorno do investimento em ano
1	Caldeira	Instalação de um dispositivo marcador de posição da taxa de gás combustível em função do ar de combustão.	10%	127.600,00	300.000,00	2,4

**Tabela 6** – Exemplo do banco de ideias

(Conclusão)

n°	USE	Descrição	Economia de energia (%)	Economia anual (US\$)	Custo de implementação (US\$)	Retorno do investimento em ano
2	Secador	Modificação no escoamento através de novo arranjo geométrico a fim de evitar a má fluidização	12%	97.046,68	500.000,00	5,2
3	Forno	Substituição do material refratário por um mais eficiente	5%	54.775,89	500.000,00	9,1
4	Reator de craqueamento	Substituição das bombas de alimentação por novas, adequando o fluxo mássico dentro do reator, melhorando a eficiência de reação.	3%	25.893,53	100.000,00	3,9
5	Reator de polimerização	Implementar novos catalisadores, para otimizar o tempo de reação	3%	57.390,45	100.000,00	1,7

Fonte: Autor, 2023.

Aplicando os critérios de priorização definidos anteriormente, se obtém a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**:

**Tabela 7** - Ideias priorizadas

n°	USE	Descrição	Pontuação
1	Caldeira	Instalação de um dispositivo marcador de posição da taxa de gás combustível em função do ar de combustão.	10
2	Reator de polimerização	Implementar novos catalisadores, para otimizar o tempo de reação	9
3	Reator de craqueamento	Substituição das bombas de alimentação por novas, adequando o fluxo mássico dentro do reator, melhorando a eficiência de reação.	7
4	Secador	Modificação no escoamento através de novo arranjo geométrico a fim de evitar a má fluidização	7
5	Forno	Substituição do material refratário por um mais eficiente	5

Fonte: Autor, 2023.

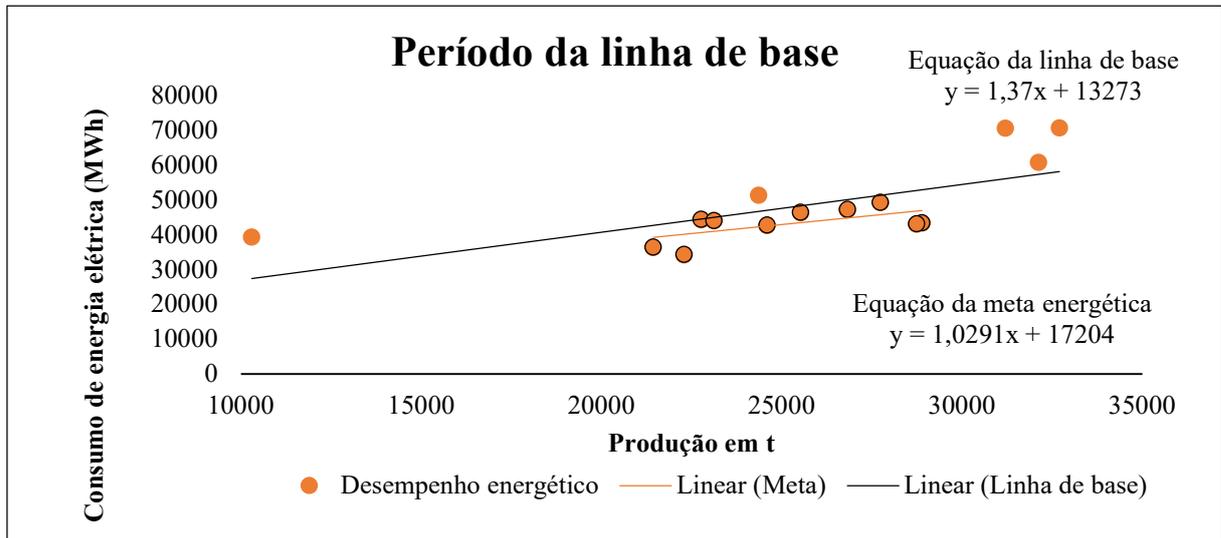
### 3.8.7 Estabelecer os indicadores de desempenho energético

Para os USEs o indicador apropriado que permite acompanhar, medir e validar o desempenho energético é o KWh/t/mês, seguindo a normalização apresentada anteriormente.

### 3.8.8 Estabelecer a linha de base energética

A Figura 27, mostra a relação entre o consumo energético e a produção de PVC

Figura 27 - Linha de base



Fonte: Autor, 2023.

Através desse gráfico é possível identificar os melhores desempenhos energéticos e utilizar essa linha de tendência como meta.

## 3.9 OBJETIVOS ENERGÉTICOS, METAS ENERGÉTICAS E PLANOS DE AÇÃO DE GESTÃO DE ENERGIA

### 3.9.1 Objetivos energéticos

Alcançar uma redução de consumo energético de 1% em 2024.

### 3.9.2 Metas energéticas

Reduzir o consumo de gás natural em cada USE em 1% a cada trimestre de 2024;

Reduzir o consumo de energia elétrica em 5% a cada trimestre de 2024;

Reduzir a emissão de GEE em 3% durante o ano de 2024.

### 3.9.3 Planos de ação

Por fim, utilizando os dados obtidos será apresentado os quadros com os planos de ação, iniciando com o plano de ação da cadeira através do quadro 2:

Quadro 2 - Plano de ação da caldeira

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-01</b>			
<b>USE relacionado</b>	Caldeira			
<b>Plano de ação</b>	Instalação de um dispositivo marcador de posição da taxa de gás combustível em função do ar de combustão.			
<b>Objetivo</b>	Melhorar o desempenho energético da caldeira.			
<b>Meta</b>	Reduzir o consumo de gás natural em 4% ao fim de 2024.			
<b>Origem da ação</b>	Sugestão da equipe.			
<b>Motivo da ação</b>	Redução de desperdício térmico.			
<b>Economia estimada de energia</b>	10%			
<b>Custo estimado</b>	300.000,00 US\$			
<b>Resumo das tarefas</b>	Estágio	Descrição da tarefa		
	Estágio 1	Pesquisar fornecedores		
	Estágio 2	Planejar implantação		
	Estágio 3	Implementar melhoria		
	Estágio 4	Comissionar equipamento		
	Estágio 5	Monitorar o desempenho energético e verificar as economias de energia		
<b>IDE</b>	Consumo de energia por tonelada de vapor MWh/t mês.			
<b>Linha de base energética</b>	MWh/t			
<b>Meta energética</b>	MWh/t			
<b>Plano de medição e verificação</b>	Analisar os dados de monitoramento e medição do IDE para o gás combustível, usando a análise de regressão em MWh da caldeira, a produção sendo a variável independente.			
<b>Comentários</b>				
<b>Tarefa</b>	Período	Responsável	Data de conclusão da tarefa	Resultando (referência)
<b>Estágio 1</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Janeiro de 2024	Relatório Projeto 01
<b>Estágio 2</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Fevereiro de 2024	Cronograma projeto 01
<b>Estágio 3</b>	Março de 2024	Eng. Projetos	Março de 2024	Acompanhamento projeto 01
<b>Estágio 4</b>	Abril de 2024	Eng. Projetos	Abril de 2024	Relatório Projeto 01
<b>Estágio 5</b>	Abril de 2024	Operação	Dezembro de 2024	Relatório de monitoramento 01

Fonte: Autor, 2023.

O quadro 3 mostra o plano de ação para o reator de polimerização:

**Quadro 3** - Plano de ação caldeira reator de polimerização

(Continua)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-02</b>			
<b>USE relacionado</b>	Reator de polimerização.			
<b>Plano de ação</b>	Implementar novos catalisadores, para otimizar o tempo de reação.			
<b>Objetivo</b>	Diminuir o consumo de vapor no processo de polimerização.			
<b>Meta</b>	Reduzir o consumo de gás natural em 4% ao fim de 2024.			
<b>Origem da ação</b>	Sugestão da equipe.			
<b>Motivo da ação</b>	Aumento da eficiência do equipamento, reduzindo o desperdício.			
<b>Economia estimada de energia</b>	3%			
<b>Custo estimado</b>	100.000,00 US\$			
<b>Resumo das tarefas</b>	Estágio	Descrição da tarefa		
	Estágio 1	Modificação nos processos operacionais		
	Estágio 2	Pesquisa de fornecedores		
	Estágio 3	Implementar melhoria		
	Estágio 4	Testes operacionais		
	Estágio 5	Monitorar o desempenho energético e verificar as economias de energia		
<b>IDE</b>	Consumo de energia por tonelada de PVC MWh/t mês			
<b>Linha de base energética</b>	MWh/t			
<b>Meta energética</b>	MWh/t			
<b>Plano de medição e verificação</b>	Analisar os dados de monitoramento e medição do IDE para o vapor, usando a análise de regressão em MWh da caldeira, a produção sendo a variável independente.			
<b>Comentários</b>				
<b>Tarefa</b>	Período	Responsável	Data de conclusão da tarefa	Resultando (referência)
<b>Estágio 1</b>	Janeiro de 2024	Eng. Processo	Fevereiro de 2024	Procedimentos Projeto 02
<b>Estágio 2</b>	Janeiro de 2024	Eng. Processo	Fevereiro de 2024	Relatório Projeto 02
<b>Estágio 3</b>	Março de 2024	Eng. Processo	Março de 2024	Acompanhamento do Projeto 02

**Quadro 3** - Plano de ação caldeira reator de polimerização

(Conclusão)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-02</b>			
<b>Estágio 4</b>	Março de 2024	Eng. Produção	Abril de 2024	Relatório Projeto 02
<b>Estágio 5</b>	Abril de 2024	Operação	Dezembro de 2024	Relatório de monitoramento 02

Fonte: Autor, 2023.

O quadro 4 mostra o plano de ação para o reator de craqueamento:

**Quadro 4** - Plano de ação do reator de craqueamento

(Continua)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-03</b>	
<b>USE relacionado</b>	Reator de craqueamento	
<b>Plano de ação</b>	Substituição das bombas de alimentação por novas, adequando o fluxo mássico dentro do reator, melhorando a eficiência de reação.	
<b>Objetivo</b>	Melhorar a eficiência da reação durante o processo de craqueamento térmico.	
<b>Meta</b>	Reduzir o consumo de gás natural em 4% ao fim de 2024.	
<b>Origem da ação</b>	Sugestão da equipe.	
<b>Motivo da ação</b>	Aumento da eficiência do processo, reduzindo o desperdício.	
<b>Economia estimada de energia</b>	3%	
<b>Custo estimado</b>	100.000,00 US\$	
<b>Resumo das tarefas</b>	Estágio	Descrição da tarefa
	Estágio 1	Pesquisar fornecedores
	Estágio 2	Analisar modificações do processo
	Estágio 3	Planejar implantação das bombas
	Estágio 4	Implementar melhoria
	Estágio 5	Comissionar equipamento
	Estágio 6	Monitorar o desempenho energético e verificar as economias de energia
<b>IDE</b>	Consumo de energia por tonelada de EDC MWh/t mês	
<b>Linha de base energética</b>	MWh/t	

**Quadro 4 - Plano de ação reator de craqueamento**

(Conclusão)

<b>Número do projeto</b>		<b>2023-03</b>		
<b>Meta energética</b>		MWh/t		
<b>Plano de medição e verificação</b>		Analisar os dados de monitoramento e medição do IDE para o vapor, usando a análise de regressão em MWh do reator, a produção sendo a variável independente.		
<b>Comentários</b>				
<b>Tarefa</b>	<b>Período</b>	<b>Responsável</b>	<b>Data de conclusão da tarefa</b>	<b>Resultando (referência)</b>
<b>Estágio 1</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Janeiro de 2024	Relatório Projeto 03
<b>Estágio 2</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Fevereiro de 2024	Cronograma projeto 03
<b>Estágio 3</b>	Janeiro de 2024	Eng. Processo	Fevereiro de 2024	Procedimentos de projeto 03
<b>Estágio 4</b>	Março de 2024	Eng. Projetos	Mai de 2024	Acompanhamento projeto 03
<b>Estágio 5</b>	Mai de 2024	Eng. Projetos	Mai de 2024	Relatório Projeto 03
<b>Estágio 6</b>	Junho de 2024	Operação	Dezembro de 2024	Relatório de monitoramento 03

Fonte: Autor, 2023.

O quadro 5 mostra o plano de ação para o secador:

**Quadro 5 - Plano de ação do secador**

(Continua)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-04</b>	
<b>USE relacionado</b>	Secador	
<b>Plano de ação</b>	Modificação no escoamento através de novo arranjo geométrico a fim de evitar a má fluidização	
<b>Objetivo</b>	Reduzir o acúmulo de PVC que se alojam no fundo do equipamento.	
<b>Meta</b>	Reduzir o consumo de gás natural do secador em 4% ao fim de 2024.	
<b>Origem da ação</b>	Sugestão da equipe.	
<b>Motivo da ação</b>	Aumento da eficiência do processo, reduzindo o desperdício.	
<b>Economia estimada de energia</b>	12%	
<b>Custo estimado</b>	500.000,00 US\$	
<b>Resumo das tarefas</b>	Estágio	Descrição da tarefa
	Estágio 1	Analisar modificações do processo.

**Quadro 5 - Plano de ação secador**

(Conclusão)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-04</b>			
	Estágio 2	Analisar a geometria do equipamento, tubulações e seus acessórios.		
	Estágio 3	Planejar a implantação dos itens listados acima.		
	Estágio 4	Implementar melhoria.		
	Estágio 5	Comissionar o equipamento		
	Estágio 6	Monitorar o desempenho energético e verificar as economias de energia		
<b>IDE</b>	Consumo de energia por tonelada de PVC MWh/t mês			
<b>Linha de base energética</b>	MWh/t			
<b>Meta energética</b>	MWh/t			
<b>Plano de medição e verificação</b>	Analisar os dados de monitoramento e medição do IDE para o gás natural, usando a análise de regressão em MWh no secador, a produção sendo a variável independente.			
<b>Comentários</b>				
<b>Tarefa</b>	<b>Período</b>	<b>Responsável</b>	<b>Data de conclusão da tarefa</b>	<b>Resultando (referência)</b>
<b>Estágio 1</b>	Janeiro de 2024	Eng. Processo	Janeiro de 2024	Procedimento Projeto 04
<b>Estágio 2</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Fevereiro de 2024	Relatório Projeto 04
<b>Estágio 3</b>	Janeiro de 2024	Eng. Processo	Fevereiro de 2024	Cronograma Projeto 04
<b>Estágio 4</b>	Março de 2024	Eng. Projetos	Junho de 2024	Acompanhamento projeto 04
<b>Estágio 5</b>	Julho de 2024	Eng. Projetos	Julho de 2024	Relatório Projeto 04
<b>Estágio 6</b>	Julho de 2024	Operação	Dezembro de 2024	Relatório de monitoramento 04

Fonte: Autor, 2023.

O Quadro 6 mostra o plano de ação para o forno:

**Quadro 6 - Plano de ação forno**

(Continua)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-05</b>
<b>USE relacionado</b>	Forno
<b>Plano de ação</b>	Substituir o material refratário por um mais eficiente.
<b>Objetivo</b>	Reduzir a perda energética devido a radiação térmica.

**Quadro 6 - Plano de ação forno**

(Conclusão)

<b>Número do projeto</b>	<b>2023-05</b>			
<b>Meta</b>	Reduzir o consumo de gás natural em 4% ao fim de 2024.			
<b>Origem da ação</b>	Sugestão da equipe.			
<b>Motivo da ação</b>	Aumento da eficiência do processo, reduzindo o desperdício.			
<b>Economia estimada de energia</b>	3%			
<b>Custo estimado</b>	100.000,00 US\$			
<b>Resumo das tarefas</b>	Estágio	Descrição da tarefa		
	Estágio 1	Pesquisar fornecedores		
	<b>Estágio 2</b>	<b>Planejar implantação</b>		
	Estágio 3	Implementar melhoria		
	Estágio 4	Comissionar equipamento		
	Estágio 5	Monitorar o desempenho energético e verificar as economias de energia		
<b>IDE</b>	Consumo de energia por tonelada de EDC MWh/t mês			
<b>Linha de base energética</b>	MWh/t			
<b>Meta energética</b>	MWh/t			
<b>Plano de medição e verificação</b>	Analisar os dados de monitoramento e medição do IDE para o vapor, usando a análise de regressão em MWh do reator, a produção sendo a variável independente.			
<b>Comentários</b>				
<b>Tarefa</b>	Período	Responsável	Data de conclusão da tarefa	Resultando (referência)
<b>Estágio 1</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Janeiro de 2024	Relatório Projeto 05
<b>Estágio 2</b>	Janeiro de 2024	Eng. Projetos	Abril de 2024	Cronograma projeto 05
<b>Estágio 3</b>	Abril de 2024	Eng. Projetos	Maio de 2024	Acompanhamento projeto 05
<b>Estágio 4</b>	Junho de 2024	Eng. Projetos	Julho de 2024	Relatório Projeto 05
<b>Estágio 5</b>	Julho de 2024	Operação	Dezembro de 2024	Relatório de monitoramento 05

Fonte: Autor, 2023.

**Plano de medição**

No quadro 6 há um exemplo do plano de medição para as variáveis relevantes.

Quadro 7 - Plano de medição

(Continua)

O que é medido	Por que é medido	Como é medido	Qual a frequência da medida	Quem é o responsável	O que é registrado
$m_{\text{água}}$	Controle do processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de água consumida
$m_{\text{CH}_4}$	Eficiência da combustão	Análise de laboratório	Mensalmente	Analista de laboratório.	Concentração do metano.
$m_{\text{O}_2}$	Controle de processo	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de oxigênio consumido
$m_{\text{vapor}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de vapor consumido
$m_{\text{CO}_2}$	Controle de processo Índice de eficiência	Análise de laboratório	Mensalmente	Analista de laboratório	Concentração do dióxido de carbono.
$m_{\text{CO}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Análise de laboratório	Mensalmente	Analista de laboratório	Concentração do gás carbônico.
$m_{\text{PVC úmido}}$	Controle de processo Índice de qualidade	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de PVC úmido produzido.
$m_{\text{PVC seco}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de PVC seco produzido.
$m_{\text{EDC}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de EDC produzido.
$m_{\text{MVC}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de MVC produzido.
$m_{\text{EDC residual}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Análise de laboratório	Diariamente	Analista de laboratório	Concentração de EDC.
$m_{\text{eteno}}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de eteno consumido.

Quadro 7 - Plano de medição

(Conclusão)

O que é medido	Por que é medido	Como é medido	Qual a frequência da medida	Quem é o responsável	O que é registrado
$m_{HCl}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de HCl consumido.
$m_{HCl\ residual}$	Controle de processo Índice de eficiência	Análise de laboratório	Diariamente	Analista de laboratório	Concentração do HCl.
$m_{\acute{a}gua\ desmin.}$	Controle de processo Índice de eficiência	Medidor de fluxo	Continuamente	Analista de laboratório	Volume de água desmineralizada consumida.
$m_{inicializador}$	Controle de processo	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de catalisador consumido.
$m_{MVC\ Residual}$	Controle de processo Índice de eficiência	Análise de laboratório	Diariamente	Analista de laboratório	Concentração do MVC.
$m_{\acute{a}gua\ residual}$	Controle de processo	Medidor de fluxo	Continuamente	Operação	Volume de água recuperada.
$T$	Eficiência do isolamento	Medidor de Temperatura Termômetro infravermelho	Semanalmente	Eng. Manutenção	Diferença da temperatura entre a parte interna e externa do equipamento.

Fonte: Autor, 2023.

Já no quadro 8, há um exemplo dos recursos de medição.

Quadro 8 - Recurso de medição

(Continua)

USE	IDE	Variáveis relevantes	Medidores e dados	Instrumentação instalada	Instrumento necessário para a medição	Opções preferidas de medições
Caldeira	Consumo de energia/vapor produzido (MWh/t/mês)	Temperatura da água Temperatura dos gases de exaustão Pressão de operação	Medidor de fluxo Medidor de eletricidade Medidor de temperatura Concentração dos gases Medidor de pressão Fonte de dados: Produção.	Medidor de eletricidade Medidor de fluxo Medidor de temperatura Medidor de pressão	Cilindros de amostra para gases	Checar fluxo no local Coletar amostra no local

Quadro 8 - Recurso de medição

(Conclusão)

USE	IDE	Variáveis relevantes	Medidores e dados	Instrumentação instalada	Instrumento necessário para a medição	Opções preferidas de medições
<b>Secador</b>	Consumo de energia/ PVC produzido (MWh/t/mês)	Umidade do PVC Temperatura do PVC úmido	Medidor de eletricidade Medidor de temperatura Medidor de umidade Fonte de dados: Dados da produção	Medidor de eletricidade Medidor de temperatura	<i>Bags</i> de amostra	Coletar amostra do PVC para checar umidade
<b>Forno</b>	Consumo de energia/ MVC produzido (MWh/t/mês)	Fluxo de massa do EDC Temperatura dos gases de exaustão	Medidor de fluxo Medidor de eletricidade Medidor de temperatura Fonte de dados: Dados da produção	Medidor de eletricidade Medidor de fluxo Medidor de temperatura	Nenhum	Medições automatizadas através da <i>web</i> .
<b>Reator de craqueamento</b>	Consumo de energia/ EDC produzido (MWh/t/mês)	Fluxo de massa do eteno Fluxo de massa do HCL	Medidor de fluxo Medidor de eletricidade Fonte de dados: Dados da produção	Medidor de eletricidade Medidor de fluxo Medidor de temperatura	<i>Bags</i> de amostra	Coletar amostra do EDC para checar presença de impurezas
<b>Reator de polimerização</b>	Consumo de energia/ PVC úmido produzido (MWh/t/mês)	Massa do MVC Massa do inicializador	Medidor de fluxo Medidor de eletricidade Fonte de dados: Dados da produção	Medidor de eletricidade Medidor de fluxo Medidor de temperatura	<i>Bags</i> de amostra	Coletar amostra do PVC para checar presença de MVC residual

Fonte: Autor, 2023.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo planejar a implantação do sistema de gestão de energia de acordo com a Norma ABNT NBR ISO 50001, para isso foi apresentado a relação de energia e desenvolvimento humano, bem como a importância da mitigação do desperdício de energia.

Através dos resultados obtidos anteriormente foi possível desenvolver uma política energética, revisão energética e plano de ação para os USEs. Além de criar balizadores e trazer todas as influências internas e externas que podem vir a afetar o desempenho do SGE.

Para um caso real esse é considerando o primeiro ciclo do planejamento do PDCA, podendo assim, alguns dos tópicos tratados serem modificados a partir do primeiro “*check*”. Podendo também avaliar internamente por meio de auditoria o quanto a instituição está conforme com a norma ISO 50001.

Este trabalho deixou evidente que há chances de ganhos energéticos na indústria cloroquímica e que isso pode vir a se tornar um diferencial competitivo no mercado visto que com a implementação dos projetos abordados anteriormente há uma estimativa de redução de 1% no consumo energético, para este caso fictício estima-se um valor de aproximadamente R\$ 4.000.000,00. Além de que a certificação ISO 50001 chancela boas práticas internacionais e garante uma melhoria contínua do sistema, agregando valor para todas as partes interessadas.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da indústria de cloro álcalis e derivados. **Balanco socioeconômico da indústria de cloro-álcalis no Brasil 2020**. São Paulo: ABICLOR, 2021. 42 p. Disponível em: [https://www.abiclor.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Abiclor\\_Balanco\\_socioeconomico\\_2020.pdf](https://www.abiclor.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Abiclor_Balanco_socioeconomico_2020.pdf) Acesso em: 5 jul. 2023.

ALMEIDA, A. I. S. **Avaliação de Oportunidades de Redução do Consumo Energético numa Unidade de Produção de S-PVC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2019. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/122555> . Acesso em: 25 jul. 2023.

ALMEIDA, Paulo Filip Teixeira. **ISO 50001 – Estudo de caso na implantação de um sistema de gestão energética**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: [https://fga.unb.br/articles/0001/4489/TCC1\\_Paulo\\_Filip\\_100118631.pdf](https://fga.unb.br/articles/0001/4489/TCC1_Paulo_Filip_100118631.pdf) . Acesso em: 2 ago. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução ANP nº 16, de 17 de junho de 2008**. Estabelece as especificações do gás natural, nacional ou importado, a ser comercializado em território nacional, para fins industriais, residenciais, comerciais, automotivos e de geração de energia. Brasília: ANP, 2008. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-16-2008> . Acesso em: 29 fev. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Fatores de conversão, densidade e poderes caloríficos inferiores: Valores médios do ano de 2021**. Brasília: ANP, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2022/anuario-2022.pdf/view> . Acesso em: 15 ago. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2022**. Brasília: ANP, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2022/anuario-2022.pdf> Acesso em: 15 ago. 2023.

BAJAY, S. V.; GORLA, F. D.; BORDONI, O. **Os segmentos industriais energo-intensivos de maiores potenciais técnicos de conservação de energia no Brasil**. Revista Brasileira de Energia, v. 15, n. 1, p. 89–107, 2009. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/232> . Acesso em: 15 ago. 2023;

BORRI, Juliana. **Gestão da eficiência energética nas indústrias brasileiras baseada na ISO 50001**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) – Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Rosana, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/a42839a1-c598-42b0-a69f-bcbc5cceed5> . Acesso em: 5 ago. 2023.

BUENO, A. J. M. **Estudo das perdas energéticas na superfície da radiação nos fornos de pirólise**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/77046611-Estudo-das-perdas-energeticas-na-superficie-da-radiacao-nos-fornos-de-pirólise.html> . Acesso em: 17 ago. 2023.

CARDOSO, D. R. O. **Aumento de eficiência energética de uma instalação de geração de vapor por meio do reaproveitamento de energia em linhas de retorno de condensado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018 . Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23941>. Acesso em: 30 ago. 2018.

COSTA, F. C. **Gases combustíveis como alternativas à eletrotermia em aquecimento direto e calor de processo no setor industrial brasileiro**. Tese (Doutorado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-13012014-164600/pt-br.php>. Acesso em: 14 ago. 2023.

DIMIAN, A. C.; BILDEA, C. S. **Chemical process design: Computer-Aided Case Studies**. 1. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008. 508 p. ISBN: 978-3-527-31403-4. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527621583> . Acesso em: 05 mar. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> . Acesso em: 20 jul. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: Demanda e Eficiência Energética**. Brasília: EPE, 2023. Disponível em: <https://acesse.one/tJSk0> . Acesso em: 30 jul. 2023.

FIGUEIREDO, R. P. **Modelagem e otimização da coluna de separação cloropreno-dicloroetano: um estudo de caso industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/1186> . Acesso em: 12 ago. 2023.

FOSSA, A. J.; SGARBI, F. A. **GUIA PARA APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR ISO 50001: Gestão de Energia**. 1. ed. International Copper Association, 2017. Disponível em: <https://abccobre.org.br/wp-content/uploads/2021/07/mot-guia-gestao-de-energia.pdf> . Acesso em: 20 jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Introdução à Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE Versão 2.0** - Subclasses para uso da administração pública. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: [https://concla.ibge.gov.br/images/concla/documentacao/CNAE20\\_Subclasses\\_Introducao.pdf](https://concla.ibge.gov.br/images/concla/documentacao/CNAE20_Subclasses_Introducao.pdf) Acesso em: 30 jul. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 50001: Energy management systems**. Geneva: ISO, 2018. Disponível em: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100400.pdf> . Acesso em: 2 ago. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO Survey 2021 results** - Number of certificates and sites per country and the number of sector overall. Geneva: ISO, 2021. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=4859644> . Acesso em: 2 ago. 2023.

JABBOUR, Ana Beatriz. et al. **Toward greener supply chains: is there a role for the new ISO 50001 approach to energy and carbon management?** Energy Efficiency, v. 10, p. 777–785, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9478-z> . Acesso em: 7 ago. 2023.

JIN, Y. et al. **An energy management maturity model for China: Linking ISO 50001: 2018 and domestic practices**. Journal of Cleaner Production, v. 290, p. 125-168, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620352124> . Acesso em 05 mar. 2024.

LOPES, H. M. **Modelagem e simulação de um reator de polimerização do monocloreto de vinila**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/6643?show=full> . Acesso em: 21 jun. 2023.

MARIANI, C. A. **Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso**. RAI-Revista de Administração e Inovação, v. 2, n. 2, p. 110–126, 2005. Disponível em: [https://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_12/copiar.php?arquivo=Mariani\\_CA\\_%20Meto%20do%20PDCA..pdf](https://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=Mariani_CA_%20Meto%20do%20PDCA..pdf) . Acesso em: 05 mar. 2024.

MAZZUCCO, J. **Análise de eficiência de caldeiras a gás natural e aproveitamento dos gases de exaustão para neutralização do efluente alcalino numa tinturaria de algodão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/002400942> . Acesso em: 7 jun. 2023.

OLIVEIRA, G. L. DE et al. **Metodologia TECLIM para uso racional de água na indústria: o banco de ideias no contexto da metodologia front-end loading**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, p. 753–764, dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/NPkjvW4gyjJK3GkS4wQctNt/> . Acesso em: 05 mar. 2024.

PADILHA, G. M. A.; BOMTEMPO, J. V. **A inserção dos transformadores de plásticos na cadeia produtiva de produtos plásticos**. Polímeros, v. 9, p. 86–91, dez. 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/wBzFtqG3H94FkgX443h3Fpg/> . Acesso em: 05 mar. 2024.

RIBEIRO, C. J. **Melhoria contínua na administração pública em busca da qualidade nos serviços prestados**. In: I Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 1., 2011, Ponta Grossa. Anais [...]. Curitiba: FATEC, 2011. p. 1-10. Disponível em: <https://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2011/anais/artigos/Gestao%20da%20qualidade/Qualidade%20em%20servicos/A380.pdf> . Acesso em: 8 jul. 2023.

RODOLFO, A.; NUNES, L.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. 2. ed. São Paulo: Pro Editores: Braskem, 2006. Disponível em: [https://www.braskem.com/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Tecnologia%20do%20PVC%202a%20edi%C3%A7%C3%A3o\\_22.pdf](https://www.braskem.com/Portal/Principal/Arquivos/Download/Upload/Tecnologia%20do%20PVC%202a%20edi%C3%A7%C3%A3o_22.pdf). Acesso em: 13 ago. 2023.

RODRIGUES, J. V. F. **Integração Energética dos Processos de Stripping e de Secagem de uma Unidade de Produção de PVC em Suspensão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10316/20047> . Acesso em: 14 ago. 2023.

SAEKI, Y.; EMURA, T. **Technical progresses for PVC production**. Progress in polymer science, v. 27, n. 10, p. 2055–2131, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079670002000394> . Acesso em: 05 mar. 2024.

SZKLO, A. S.; SOARES, J. B.; TOLMASQUIM, M. T. **Economic potential of natural gas-fired cogeneration - analysis of Brazil's chemical industry**. Energy Policy, v. 32, n. 12, p. 1415–1428, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421503001095> . Acesso em: 05 mar. 2024.

TAVARES, L. S.; SILVA, R. C. **Integração energética de uma planta de produção de monocloreto de vinila utilizando a Análise Pinah**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/2856> . Acesso em: 9 ago. 2023.

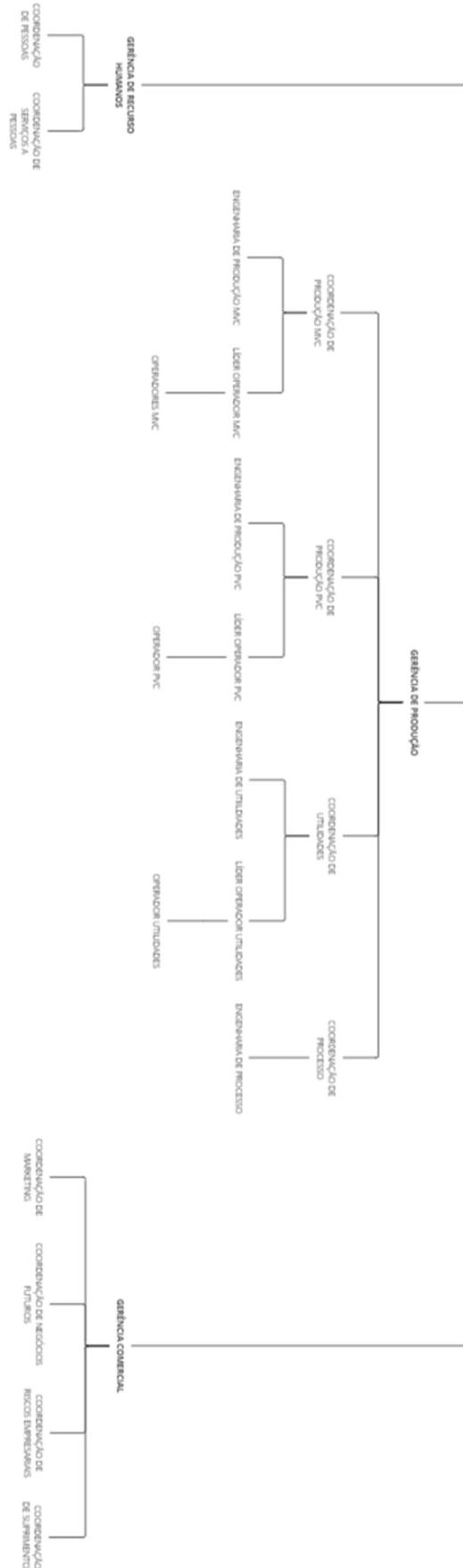
TOLMASQUIM, M. T. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil**. Estudos Avançados, v. 26, p. 247–260, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/jt7HSqtLSBMhyTgGYQgzqpn/> . Acesso em: 05 mar. 2024.

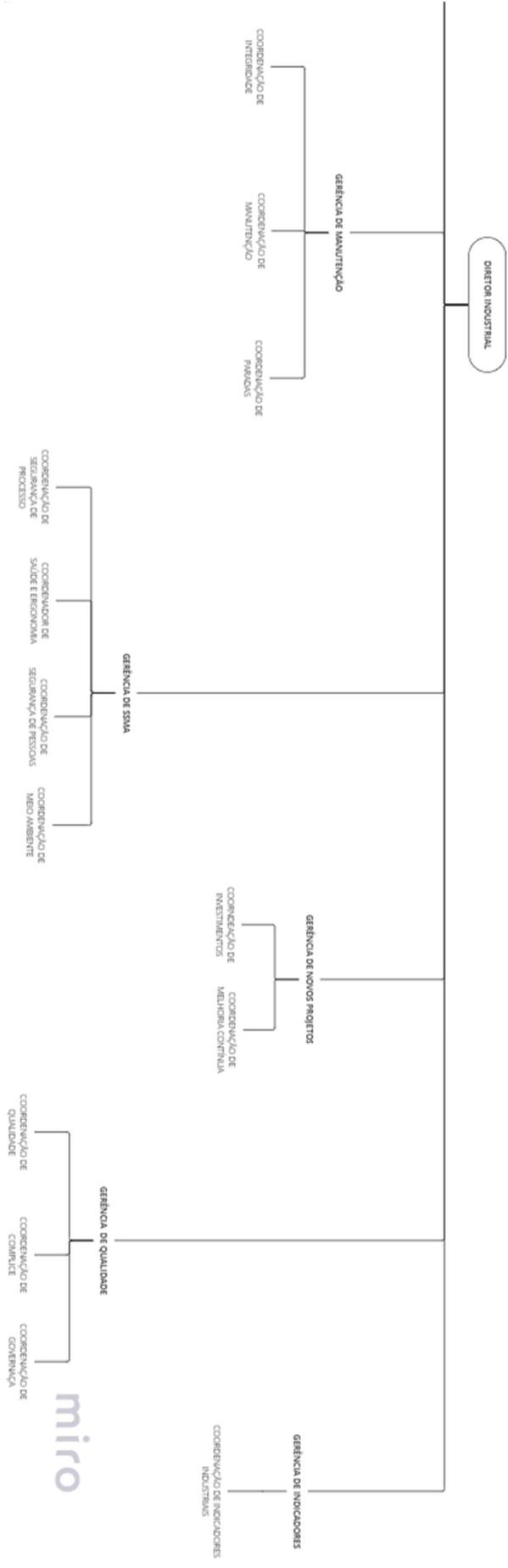
UM outro futuro é possível: Perspectivas para o setor químico no Brasil. **Abiquim**, 2018. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/br/Documents/energy-resources/Deloitte-Abiquim-Setor-Quimico-Relatorio.pdf> . Acesso em: 30 jul. 2023.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e Geografia**. *Geografia*, v. 28, n. 3, p. 323–344, 2003. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1122> . Acesso em: 06 mar. 2024.

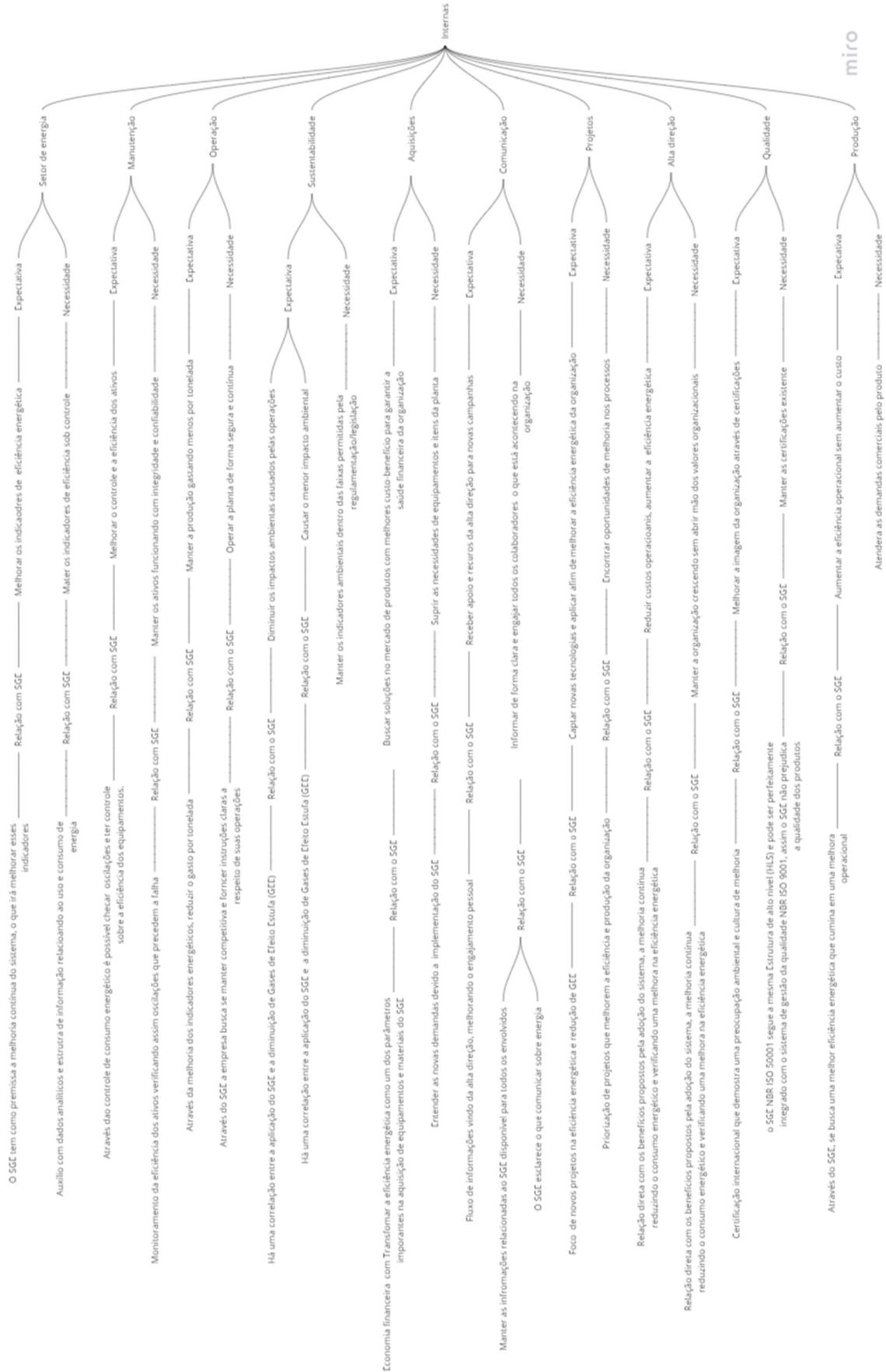
ZUBA, M. E. **A energia elétrica como instrumento de desenvolvimento humano e o desafio ao plano nacional de energia brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Políticas Públicas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2838> . Acesso em: 5 jun. 2023.

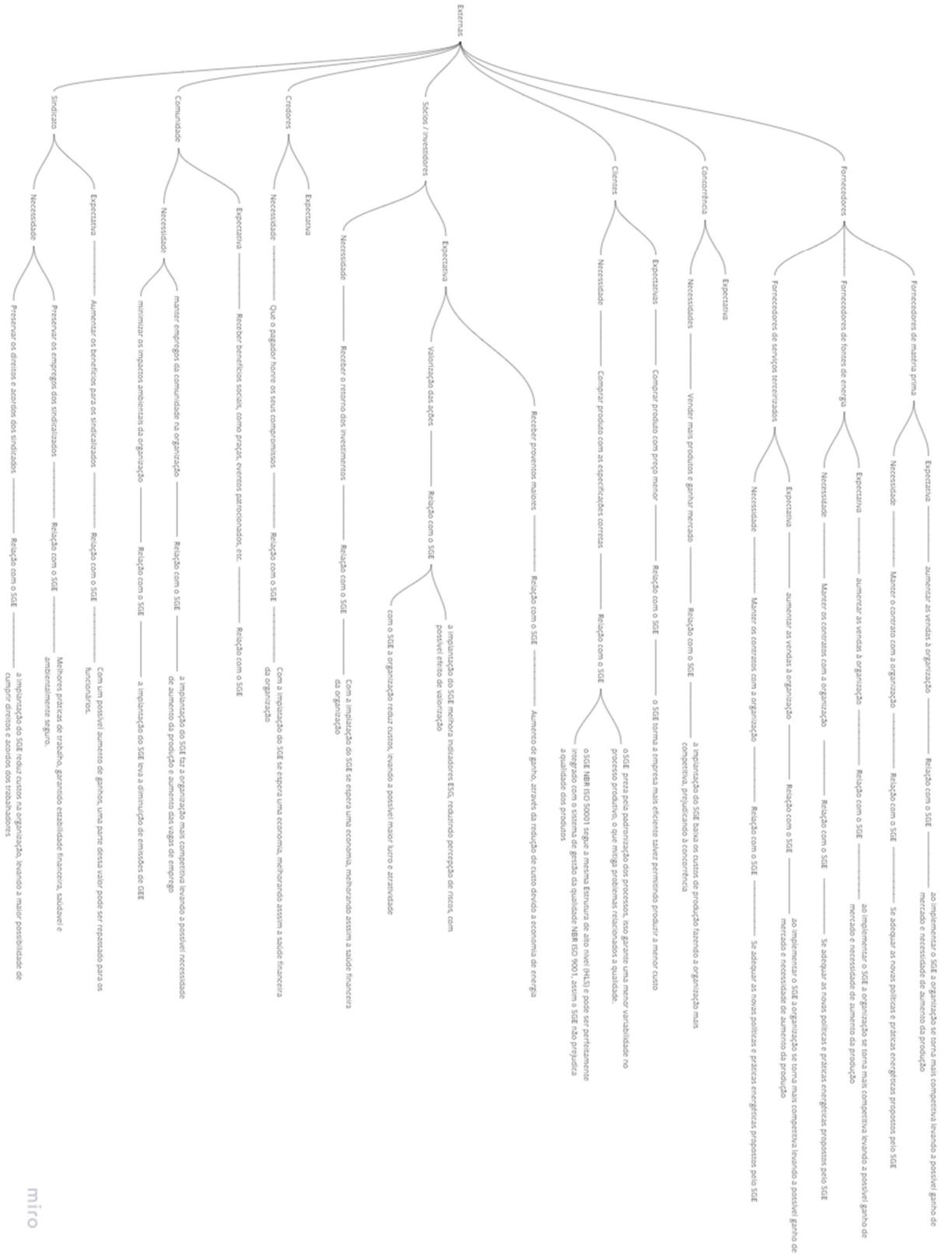
# APÊNDICE A – ORGANOGRAMA TÍPICO





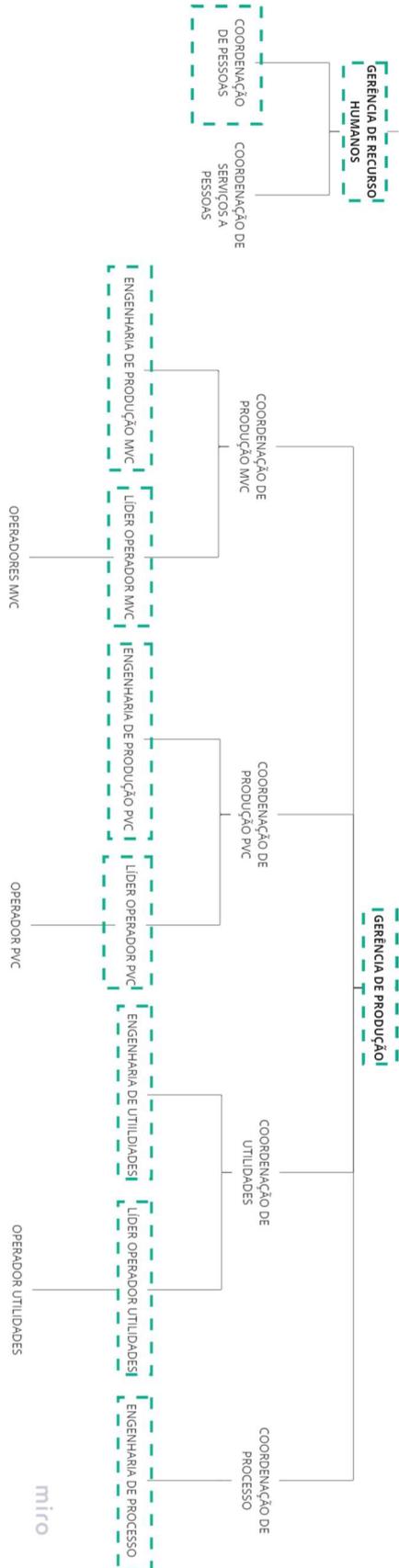
## APÊNDICE B – PARTES INTERESSADAS

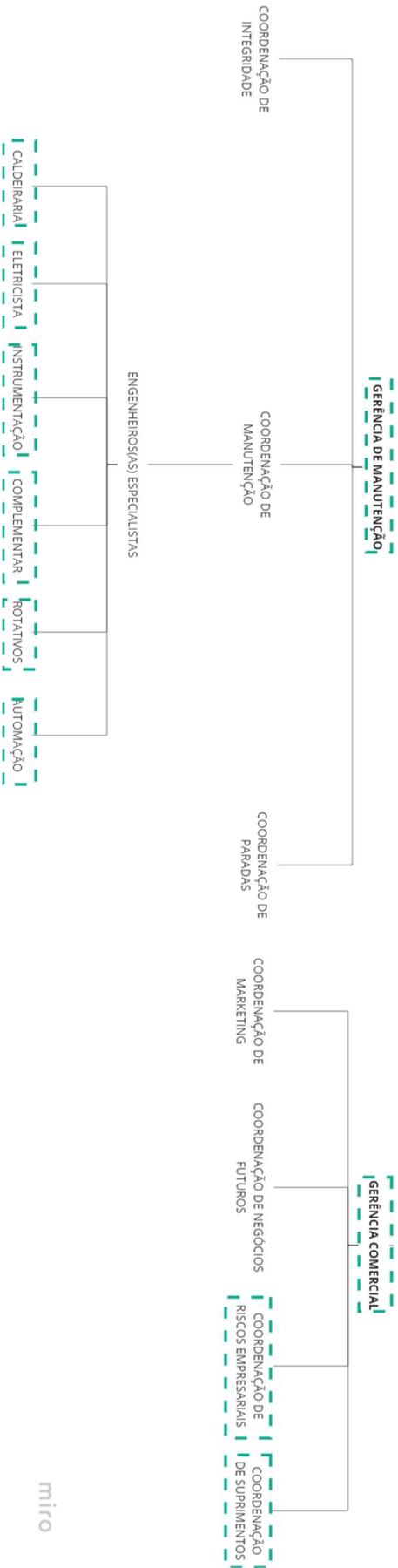


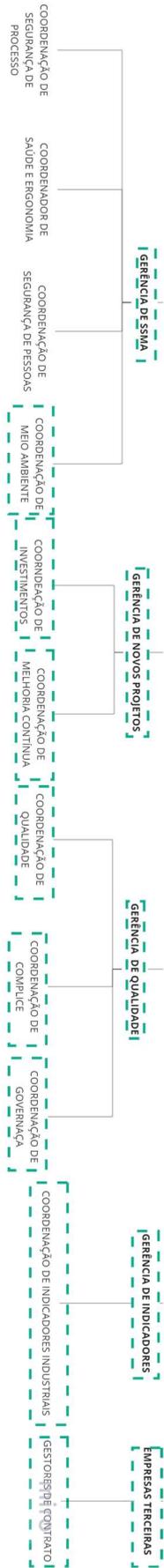




# APÊNDICE D – EQUIPE ENERGÉTICA









A linha verde tracejada limita os membros da equipe de energia. Abaixo segue os elementos da norma e os responsáveis

Elemento	Subelemento	GERÊNCIA RESPONSÁVEL	RESPONSÁVEL
4 Contexto da organização	4.1 Entendendo a organização e seu contexto	Representante da alta direção Coordenação de riscos empresariais	
<b>4 Contexto da organização</b>	4.2 Entendendo as necessidades e expectativas de partes interessadas	Representante da alta direção Gerência de qualidade Gerência de SSMA Gerência de produção Gerência de manutenção Empresas terceiras	Engenharia de produção MVC Líder operador MVC Engenharia de produção PVC Líder operador PVC Engenharia de utilidades Líder operador de utilidades Engenharia de caldeiraria Engenharia de eletricidade Engenharia de instrumentação Engenharia complementar Engenharia de rotativos Engenharia de automação Gestores de contrato
<b>4 Contexto da organização</b>	4.3 Determinando o escopo do sistema de gestão da energia	Gerência de produção Gerência de manutenção	
<b>4 Contexto da organização</b>	4.4 Sistema de gestão da energia		Gerência de melhoria contínua
<b>5 Liderança</b>	5.1 Liderança e comprometimento	Representante da alta direção Gerência de recurso humanos Gerência de produção Gerência de manutenção Gerência de novos projetos Gerência de indicadores	
<b>5 Liderança</b>	5.2 Política energética	Gerência de qualidade Gerência de indicadores Gerência comercial	Coordenação de qualidade Coordenação de indicadores industriais Coordenação de suprimentos Coordenação de pessoas
<b>5 Liderança</b>	5.3 Papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais	Representante da alta direção Gerência de qualidade	Coordenação de qualidade
<b>6 Planejamento</b>	6.1 Ações para abordar riscos e oportunidades	Gerência comercial Gerência SSMA Gerência de novos projetos	Coordenação de riscos empresariais Coordenação de melhoria contínua Coordenação de Meio Ambiente
<b>6 Planejamento</b>	6.1 Ações para abordar riscos e oportunidades	Gerência comercial Gerência de novos projetos	Coordenação de riscos empresariais Coordenação de melhoria contínua
<b>6 Planejamento</b>	6.3 Revisão energética	Gerência da produção Gerência de manutenção	Engenharia de produção MVC Líder operador MVC Engenharia de produção PVC Líder operador PVC Engenharia de utilidades

			Líder operador de utilidades Engenharia de caldeiraria Engenharia de eletricidade Engenharia de instrumentação Engenharia complementar Engenharia de rotativos Engenharia de automação
<b>6 Planejamento</b>	6.5 Linha de base energética	Gerência de indicadores	Coordenação de indicadores industriais
<b>6 Planejamento</b>	6.2 Objetivos, metas energéticas e planejamento para alcançá-los	Gerência de indicadores	Coordenação de indicadores industriais
<b>6 Planejamento</b>	6.2 Objetivos, metas energéticas e planejamento para alcançá-los	Gerência de indicadores Gerência de novos projetos	Coordenação de indicadores industriais Coordenação de melhoria contínua
<b>6 Planejamento</b>	6.2 Objetivos, metas energéticas e planejamento para alcançá-los	Representante da alta direção Gerência de indicadores Gerência de novos projetos Gerência de qualidade	Coordenação de indicadores industriais Coordenação de melhoria contínua Coordenação de qualidade
<b>6 Planejamento</b>	6.4 Indicadores de desempenho energético	Gerência de indicadores industriais	Coordenação de indicadores industriais
<b>6 Planejamento</b>	6.6 Planejamento para coleta de dados energéticos	Gerência da produção Gerência de manutenção Gerência de indicadores industriais	Engenharia de produção MVC Líder operador MVC Engenharia de produção PVC Líder operador PVC Engenharia de utilidades Líder operador de utilidades Engenharia de caldeiraria Engenharia de eletricidade Engenharia de instrumentação Engenharia complementar Engenharia de rotativos Engenharia de automação Coordenação de indicadores industriais
<b>7 Apoio</b>	7.1 Recursos	Representante da alta direção	Diretor industrial
<b>7 Apoio</b>	7.2 Competência	Gerência de RH	Coordenação de pessoas
<b>7 Apoio</b>	7.5 Informação documentada	Gerência de qualidade	Coordenação de governança
<b>7 Apoio</b>	7.5 Informação documentada	Gerência de qualidade	Coordenação de governança
<b>7 Apoio</b>	7.5 Informação documentada	Gerência de qualidade	Coordenação de governança
<b>7 Apoio</b>	7.3 Conscientização	Gerência de RH	Coordenação de pessoas
<b>7 Apoio</b>	7.4 Comunicação	Gerência de RH	Coordenação de pessoas
<b>8 Operação</b>	8.1 Planejamento e controle operacional	Gerência de processo Gerência da produção	Engenharia de processo Líderes operadores Gestores de contrato Coordenação de pessoas Engenharia de produção MVC Líder operador MVC Engenharia de produção PVC Líder operador PVC Engenharia de utilidades Líder operador de utilidades

<b>8 Operação</b>	8.2 Projeto	Gerência de novos projetos	Coordenação de investimentos
<b>8 Operação</b>	8.3 Aquisições	Gerência comercial	Coordenação de suprimentos
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação do desempenho energético e do SGE	Gerência de indicadores industriais	Coordenação de indicadores industriais
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação do desempenho energético e do SGE	Gerência de qualidade	Coordenação de compliance Coordenação de qualidade
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.2 Auditoria interna	Gerência de qualidade	Coordenação de compliance Coordenação de qualidade
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.2 Auditoria interna	Gerência de qualidade	Coordenação de compliance Coordenação de qualidade
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.3 Análise crítica pela direção	Representante da alta direção Gerência de produção Gerência de qualidade	
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.3 Análise crítica pela direção	Representante da alta direção Gerência de produção Gerência de qualidade	
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.3 Análise crítica pela direção	Representante da alta direção Gerência de produção Gerência de qualidade	
<b>9 Avaliação de desempenho</b>	9.3 Análise crítica pela direção	Representante da alta direção Gerência de produção Gerência de qualidade	
<b>10 Melhoria</b>	10.1 Não conformidade e ação corretiva	Gerência de novos projetos	Coordenação de melhoria contínua
<b>10 Melhoria</b>	10.2 Melhoria contínua	Gerência de novos projetos	Coordenação de melhoria contínua

**APÊNDICE E – USO E CONSUMO DE ENERGIA**

Divisão do sistema, subestima e equipamentos.

<b>Sistema</b>	<b>Subsistema</b>	<b>Equipamento</b>	<b>código</b>	<b>Quantidade?</b>
<b>MVC</b>	Sistema	Sistema	1	
<b>MVC</b>	Oxicloração	subsistema	2	
<b>MVC</b>	Oxicloração	Reator	3	1
<b>MVC</b>	Oxicloração	Compressor	4	1
<b>MVC</b>	Oxicloração	Bombas	5	10
<b>MVC</b>	Oxicloração	Instrumentos	6	40
<b>MVC</b>	Tancagem	subsistema	7	
<b>MVC</b>	Tancagem	Tanque	8	2
<b>MVC</b>	Tancagem	Bombas	9	10
<b>MVC</b>	Tancagem	Instrumentos	10	20
<b>MVC</b>	Destilação do EDC	subsistema	11	
<b>MVC</b>	Destilação do EDC	Torre	12	3
<b>MVC</b>	Destilação do EDC	Instrumentos	13	12
<b>MVC</b>	Craqueamento	subsistema	14	
<b>MVC</b>	Craqueamento	Forno	15	3
<b>MVC</b>	Craqueamento	Bombas	16	6
<b>MVC</b>	Craqueamento	Instrumentos	17	80
<b>MVC</b>	Destilação do MVC	subsistema	18	
<b>MVC</b>	Destilação do MVC	Torre	19	2
<b>MVC</b>	Destilação do MVC	Instrumentos	20	8
<b>MVC</b>	Armazenamento	subsistema	21	
<b>MVC</b>	Armazenamento	Esferas	22	2
<b>MVC</b>	Armazenamento	Instrumentos	23	8
<b>MVC</b>	Armazenamento	Bombas	24	6
<b>MVC</b>	Reaproveitamento de vapor	subsistema	25	
<b>MVC</b>	Reaproveitamento de vapor	Turbina	26	1
<b>MVC</b>	Reaproveitamento de vapor	Compressor	27	1
<b>PVC</b>	Sistema	Sistema	28	
<b>PVC</b>	Polimerização	subsistema	29	
<b>PVC</b>	Polimerização	Reator	30	3
<b>PVC</b>	Polimerização	Bombas	31	10
<b>PVC</b>	Polimerização	Instrumentos	32	60
<b>PVC</b>	Secagem	subsistema	33	
<b>PVC</b>	Secagem	Centrífuga	34	4
<b>PVC</b>	Secagem	Secador	35	4
<b>PVC</b>	Secagem	Peneira	36	4

<b>PVC</b>	Secagem	Bombas	37	4
<b>PVC</b>	Secagem	Instrumentos	38	30
<b>PVC</b>	Ensaque	subsistema	39	
<b>PVC</b>	Ensaque	Silos	40	3
<b>PVC</b>	Ensaque	Empilhadeira	41	12
<b>PVC</b>	Ensaque	Caminhão de pequeno porte	42	4
<b>Utilidades</b>	Sistema	Sistema	43	
<b>Utilidades</b>	Sistema de água resfriada	Torre de resfriamento	44	4
<b>Utilidades</b>	Geração de vapor	Caldeiras	45	3
<b>Utilidades</b>	Recebimento de água	Bomba submersa	46	2

Utilização de cada tipo de energia descrito na declaração de esc

código	Eletricidade	Gás natural	Biomassa	Vapor	Ar comprimido	Diesel	Gasolina
1	X	X		X	X		
2	X			X			
3	X			X			
4	X						
5	X						
6	X				X		
7	X			X			
8				X			
9	X				X		
10	X				X		
11	X	X		X	X		
12				X			
13	X				X		
14	X	X		X	X		
15	X	X		X			
16	X						
17	X				X		
18	X	X		X	X		
19				X			
20	X				X		
21	X			X	X		
22	X			X			
23	X				X		
24	X						
25	X			X			
26	X			X			
27	X						



## Fonte de dados energéticos

Código	Medidor da concessionária	Medidor da interno	Estimativa	Modelos de simulações	Dados do equipamento	Registros de manutenção	Registros de serviços	Dados do sistema de controle
				IV				
				V				
				VI				
1		II	III	VII	X	X	X	X
2		II		IV	X	X	X	X
3		II		IV	X			
4		II				X	X	
5					X	X	X	
6					X			X
7		II	III		X	X	X	X
8		II	III					X
9					X	X	X	
10					X			X
11		II	III	V	X			X
12		II	III	V				
13				VI	X			X
14 I		II		VI	X	X	X	X
15 I		II		VI	X			
16					X	X	X	
17					X			X
18		II	III	V	X			
19		II	III	V				
20					X			X
21			III		X	X	X	X
22			III		X			
23					X			X
24					X	X	X	
25		II		VII	X			
26		II		VII	X			
27								
				VIII				
28 I		II	III	IX	X	X	X	X
29		II		VIII	X	X	X	X
30		II		VIII	X			
31					X	X	X	
32					X			X
33		II			X	X	X	X
34		II			X	X		

35		II		X	X		
36		II		X	X		
37				X	X	X	
38				X			X
39	I	II	III	X		X	X
40	I	II	III	X			X
41						X	
42						X	
43	I	II		IX	X	X	X
44		II			X		
45	I	II		IX			
46				X	X	X	

- I. Tipicamente estes sistemas conta com um medidor da concessionária.
- II. Tipicamente estes sistemas conta com um medidor interno.
- III. Tipicamente é utilizado estimativas de consumo através do que foi produzido para esses sistemas.
- IV. Pode ser calculado usando o modelo de balanço de massa descrito por Oliveira.
- V. Pode ser calculado usando o a tendência de os componentes vaporizar, além de relacionar as frações molares, pressão e temperatura da torre.
- VI. Pode ser calculado usando o modelo de balanço de massa e energia, além do cálculo de carga térmica.
- VII. Pode ser calculado usando o modelo do ciclo Stodola.
- VIII. Pode ser calculado usando o balanço de massa e energia.
- IX. Pode ser calculado usando o balanço de massa e energia.
- X. Aplicável.

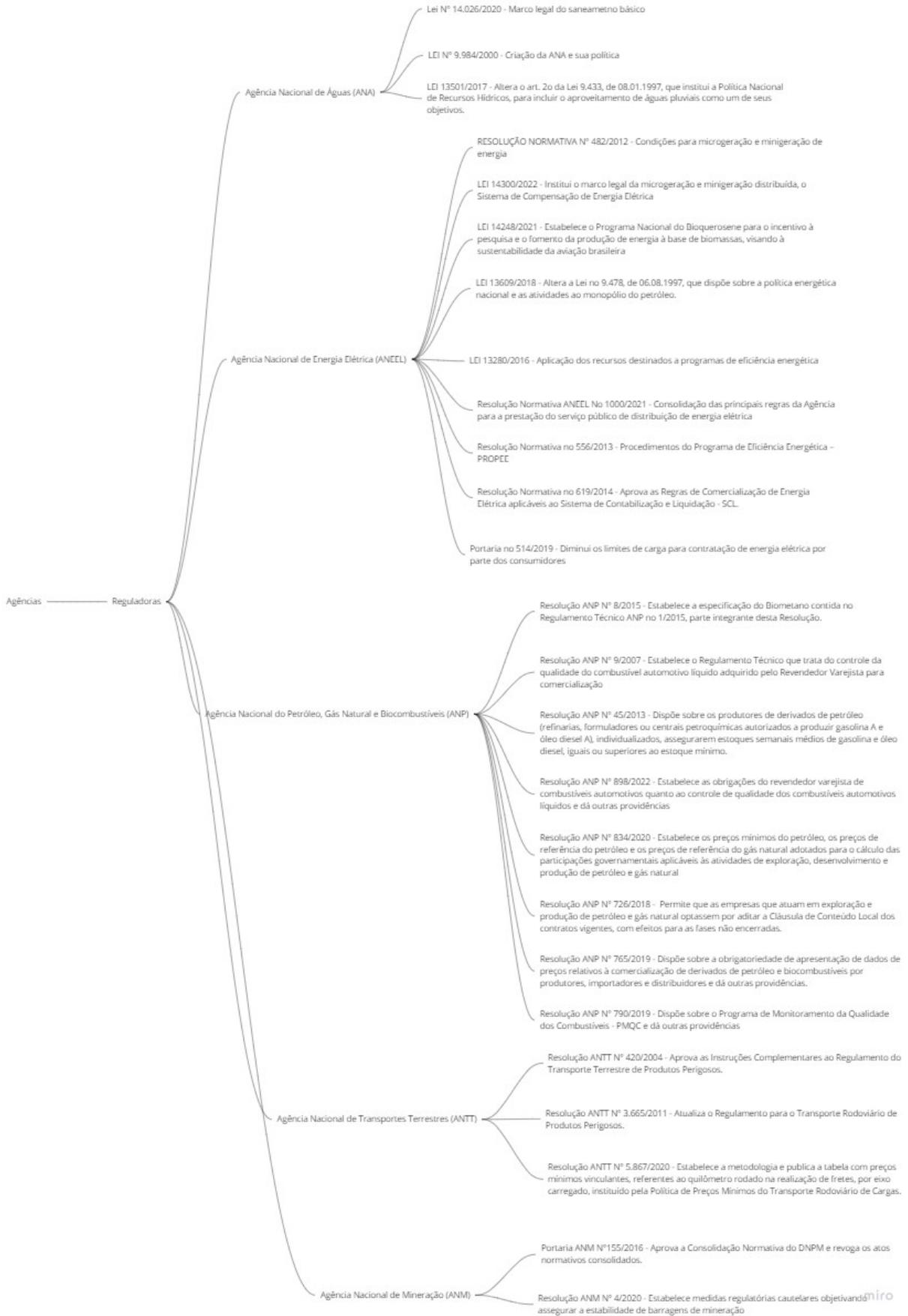
#### Fonte de dados da produção

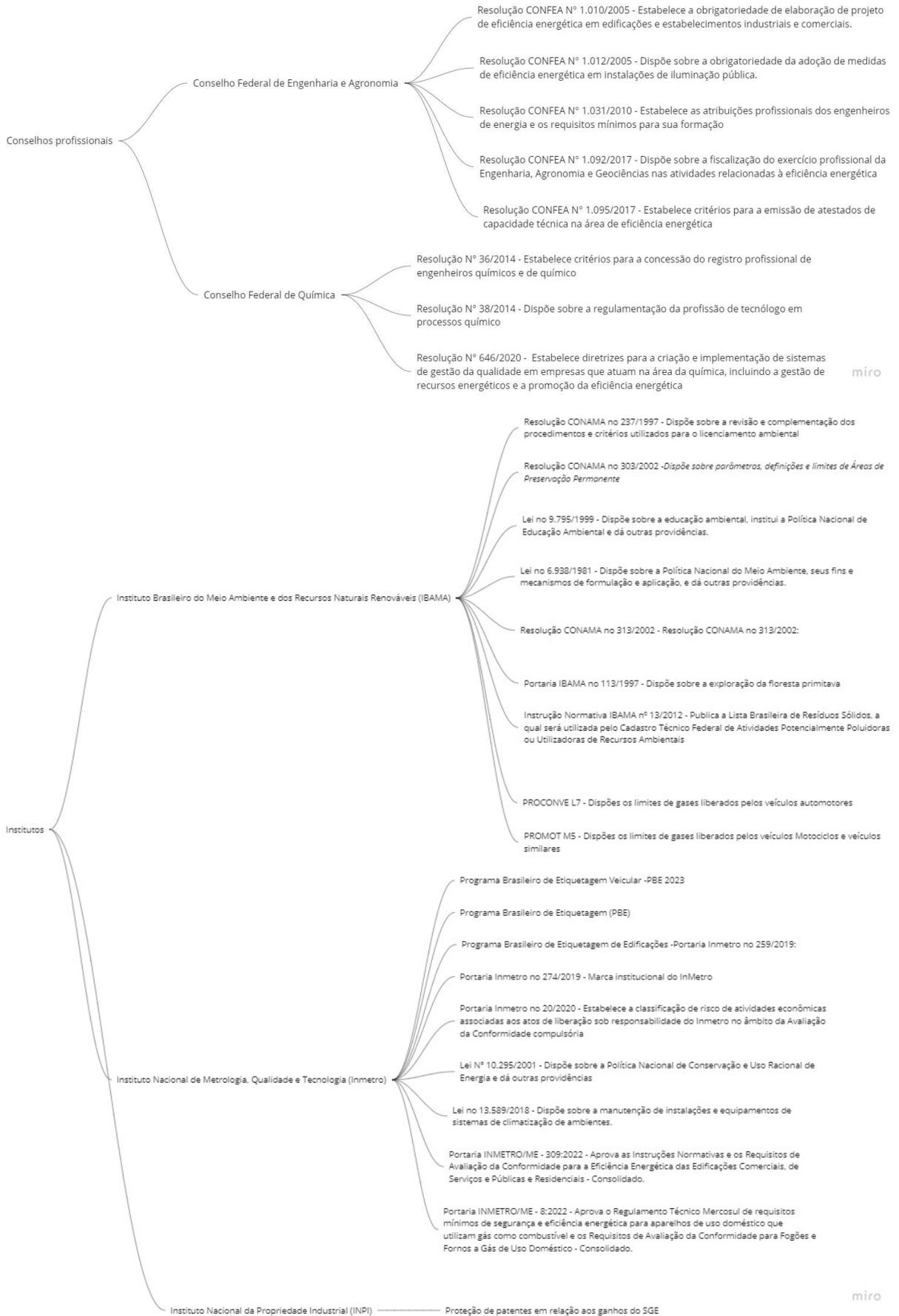
código	Produz	Unidade	Fonte de dados da produção
1	MVC	m <sup>3</sup>	Células de carga
2	EDC	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
3	EDC	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
4	Ar Comprimido	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
5	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão
6	N/A	N/A	N/A
7	MVC	m <sup>3</sup>	Medidor de nível
8	N/A	m <sup>3</sup>	Medidor de nível
9	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão
10	N/A	N/A	N/A
11	EDC	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
12	Destila EDC	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
13	N/A	N/A	N/A
14	MVC	Ton	Medior de vazão
15	MVC	Ton	N/A

16	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão
17	N/A	N/A	N/A
18	EDC	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
19	Recupera EDC	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
20	N/A	N/A	N/A
21	N/A	Ton	Células de carga Medidor de vazão
22	N/A	Ton	Células de carga
23	N/A	N/A	N/A
24	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão
25	Vapor	kg/m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
26	Condensado	kg/m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
27	Ar Comprimido	m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
28	PVC	Ton	Contagem de Bags
29	PVC	Ton	Célula de carga
30	PVC	Ton	Célula de carga
31	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão
32	N/A	N/A	N/A
33	PVC	Ton	Célula de carga
34	PVC	Ton	Célula de carga
35	PVC	Ton	Célula de carga
36	PVC	Ton	Célula de carga
37	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão
38	N/A	N/A	N/A
39	PVC	ton	Contagem de Bag's
40	PVC	ton	Contagem de Bag's
41	N/A	N/A	N/A
42	N/A	N/A	N/A
43	Vapor	km/m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
	Água resfriada	m <sup>3</sup>	
44	Água resfriada	m <sup>3</sup>	
45	Vapor	kg/m <sup>3</sup>	Medidor de vazão
46	N/A	m <sup>3</sup> /h	Medidor de vazão

# ANEXO A – REQUISITOS LEGAIS E OUTROS REQUISITOS







miro

miro

