

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

MATEUS FERNANDES RUIZ

**REPOTENCIALIZAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS EM
UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

VIÇOSA
2019

MATEUS FERNANDES RUIZ

**REPOTENCIALIZAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS EM UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Mauro de Oliveira Prates.

VIÇOSA
2019

MATEUS FERNANDES RUIZ

**REPOTENCIALIZAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS EM UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 - Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 12 de dezembro de 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Orientador
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Denilson Eduardo Rodrigues - Membro
Universidade Federal de Viçosa



Prof. William Caires Silva Amorim - Membro
Universidade Federal de Viçosa

MATEUS FERNANDES RUIZ

“Tudo que é medido, pode ser melhorado.”

(Peter Drucker)

Dedico este trabalho a Deus que me deu uma família maravilhosa, a meus pais, Luiz Carsol e Rosemary, que sempre estiveram ao meu lado, ao meu irmão Bruno que sempre me deu forças para não desistir e a Suelen que abrilhanta meus dias.

Agradecimentos

Se estou hoje nessa posição, é devido ao sacrifício que meus pais, Rosemary e Luiz Carlos sempre fizeram para dar a melhor educação à mim e meu irmão, com todos os ensinamentos de determinação, dignidade, amor, humildade e de que a educação é a herança mais valiosa que pode ser passada de uma geração para outra, por isso, sempre serei grato à vocês.

Agradeço imensamente ao meu irmão Bruno que sempre me aconselhou que desistir é sempre a última opção. Tantas vezes disse que não seria possível e você estava lá para não me deixar cair. Muitas vezes como irmão, amigo e também como um pai nesses momentos de Viçosa que estivemos longe da nossa família.

Ao meu amor Suelen, por sempre me ensinar o valor de cada conquista e que temos que batalhar muito para conquistar o que desejamos, tirando o máximo de aprendizado de cada situação, sempre com determinação, humildade e amor no que fazemos.

Aos meus amigos do grupo Shore, Diretoria, República Five and a Half Men e do grandioso time Alambique de Lyohms. Como fui o mais novo da turma, sempre fui muito bem aconselhado e amparado por todos vocês, sejam nos momentos de dificuldade ou nos momentos mais felizes.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa, que sempre buscaram transmitir o conhecimento de uma forma que instigassem uma forma de pensamento analítica sobre todo o conteúdo, buscando tirar o maior proveito de cada disciplina. Em especial ao Professor Mauro Prates, que sempre teve uma excelente didática ao lecionar, estando presente para tirar dúvidas e dar conselhos sobre mercado de trabalho e carreira profissional.

Por último, fica o meu imenso agradecimento aos amigos que conquistei na Cargill, uma empresa que me desafia e me ensina todos os dias sobre valores, comprometimento e determinação para atingir resultados excepcionais, enquanto transformamos a vida das pessoas.

Estou começando minha carreira profissional e isso não seria possível sem a ajuda de todos vocês.

Resumo

A otimização dos processos está cada vez mais forte no cenário brasileiro e vem ganhando aliados com o passar do tempo, visto que não basta apenas otimizar custos e maximizar resultados sem que haja uma política de sustentabilidade acompanhada. Pensando no ramo da indústria alimentícia, como essa que o estudo foi feito, as possibilidades de melhoria de eficiência energética são gigantescas. Dessa forma, este trabalho objetivou reduzir o consumo de CO₂ por meio da substituição de diversos motores por outros de melhor rendimento.

O foco principal foi o diagnóstico energético, mostrando que, com motores de melhor rendimento é possível a redução do consumo de energia elétrica e da emissão de Dióxido de Carbono (CO₂) para a atmosfera. Para o cálculo dessa relação, foi utilizado a média mensal de emissão de CO₂ a cada kWh gerado de todos sistemas elétricos brasileiros interligados na rede.

Os resultados obtidos foram muito satisfatórios, onde 7 motores foram estudados e apenas 1 não apresentou viabilidade financeira para a troca, trazendo uma redução de 69.237,96 kWh/ano e de 5,123 tCO₂/ano, com um *payback* de apenas 1,85 anos.

Abstract

Process optimization is becoming stronger in the Brazilian scenario and has been gaining allies over time, as it is not enough to optimize costs and maximize results without a sustainability policy accompanied. Thinking about the field of food industry, such as this study was done, the possibilities for improving energy efficiency are huge. Thus, this work aimed to reduce CO₂ consumption by replacing several engines with better engines.

The main focus was the energy diagnosis, showing that, with better performance engines, it is possible to reduce the consumption of electricity and the emission of carbon dioxide (CO₂) into the atmosphere. To calculate this relationship, the monthly average CO₂ emission was used for each kWh generated from all interconnected Brazilian electric systems in the grid. The results obtained were very satisfactory, where 7 engines were studied and only 1 did not present financial viability for the replacement, bringing a reduction of 69,237.96 kWh / year and 5,123 tCO₂ / year, as a payback of only 1,85 years, considering all financially viable equipment.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVAS	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.3 ESTRUTURA.....	16
2. PROCESSOS INDUSTRIAIS ENVOLVIDOS.....	17
2.1 TORRE DE RESFRIAMENTO	17
2.2. PROCESSO 1	18
2.2.1. motor 1 - tr 1.....	20
2.3. PROCESSO 2.....	22
2.3.1. Motor 2 e 3 - TR 2	23
2.4. PROCESSO 3.....	24
2.4.1. Motor 4.....	26
2.4.2. Motor 5, 6 e 7	26
3. METODOLOGIA	28
3.1 Diagnóstico Energético	28
3.2. Análise Financeira	29
3.3. Redução de Gases Poluentes	30
4. RESULTADOS.....	31
4.1 MOTOR 1.....	31
4.2. MOTORES 2, 3, 4, 5, 6 e 7.....	35
5. CONCLUSÃO	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

Lista de Figuras

Figura 1 - Consumo energético em cada setor brasileiro. (Suapesquisa.com, 2019)	15
Figura 2 - Funcionamento de uma torre de resfriamento. (EVAPCO, 2019)	18
Figura 3 - Trocador de calor do tipo Placas.	19
Figura 4 - Mapa básico do processo 1.....	20
Figura 5 - Topo de uma TR com um motor acionando o ventilador.	21
Figura 6 - Processo TR 2.....	22
Figura 7 - Trocador de calor tipo Tubo.....	23
Figura 8 - Caldeira aquotubular. (revistaadnormas.com.br)	25
Figura 9 - Processo de formação de vapor.	25
Figura 10 - Curva de carga do Motor 1.....	32
Figura 11 - Curva de carga do motor recomendado 1.....	34
Figura 12 - Fonte energética brasileira e mundial. (EPE, 2018)	36

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados do motor 1.....	21
Tabela 2 - Rendimento e Fator de potência do motor 1. (http://ecatalog.weg.net).....	21
Tabela 3 - Dados do motor 2 e motor 3.	24
Tabela 4 - Rendimento e Fator de potência dos motores 2 e 3 (http://ecatalog.weg.net).	24
Tabela 5 - Dados do Motor 4.....	26
Tabela 6 - Rendimento e Fator de potência do Motor 4(http://ecatalog.weg.net).	26
Tabela 7 - Dados dos motores 5, 6 e 7.....	27
Tabela 8 - Rendimento e Fator de potência dos motores 5, 6 e 7 (http://ecatalog.weg.net).....	27
Tabela 9 - Quantidade de rebobinamentos em cada motor estudado.....	31
Tabela 10 - Coleta de dados do Motor 1.....	31
Tabela 11 - Dados do motor recomendado 1.	33
Tabela 12 - Diferença de consumo Motor estudado 1.	34
Tabela 13 - Viabilidade financeira da substituição do Motor 1.....	35
Tabela 14 - Viabilidade dos motores 2, 3, 4, 5, 6 e 7.....	35
Tabela 15 - Fator de emissão a cada kWh gerado.	37
Tabela 16 - Resultados da substituição dos motores estudados.	37

1. INTRODUÇÃO

Após a Revolução Industrial, o termo “energia” passou a ser centro de debates geopolíticos em todo o mundo e continua assim até os dias de hoje. Isso se deve ao fato que tanto a população, como as cidades, tiveram um crescimento desorientado e conseqüentemente as fontes de energia não renováveis foram se esgotando. Com o passar dos anos, esse aumento da demanda energética despertou o interesse/necessidade em pesquisas de fontes de energia limpa, como energia solar, hidrelétricas, energia eólica, as chamadas “energias renováveis” e esse campo têm ficado cada vez mais forte em todos os lugares, seja nas residências, instituições de ensino ou nas empresas.

Com esse crescimento populacional e das cidades, o sinal de alerta sobre a escassez das fontes energéticas foi ligado, com isso, os líderes governamentais e das empresas passaram a buscar inovações em sustentabilidade e eficiência energética, a fim de reduzir o impacto ambiental e seu custo através de um rendimento maior no processo.

O fator “sustentabilidade” era tratado como um diferencial para que as empresas conseguissem se sobressair no mercado, mas com o passar dos anos, isso se tornou quase que uma obrigação para a sobrevivência das mesmas, ainda mais que o setor Industrial é o maior consumidor de energia dentre os outros setores. Tal mudança foi refletida na sociedade, existindo até alguns movimentos na internet que boicotam empresas que não são *eco-friendly* (SOLARPRIME, 2019). Inúmeros tratados entre governos e empresas foram assinados para garantir esse compromisso em prol do meio ambiente, fomentando um crescimento sustentável e como exemplo disso, podemos citar a legislação brasileira que determina que as concessionárias de energia invistam 0,25% de sua receita em programas e ações que sejam caracterizadas pela eficiência energética.

O cenário brasileiro no quesito energia renovável e sustentável não é tão forte, visto que o país sempre foi rico em fontes energéticas limpas, como a fonte hídrica por exemplo e por isso nunca foi um país tão preocupado em economizar ou usar de forma racional seus recursos. Em 2018, o American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) publicou um estudo sobre os 25 países maiores consumidores de energia no mundo e tal relatório tratava-se sobre as políticas em eficiências energéticas. A mentalidade/cultura enraizada da população de que o país possui recursos infinitos e por isso são de grande facilidade, está estampada na péssima 22ª colocação do país nesse estudo citado (Turella, R., 2019).

Na maioria das vezes o aumento da produtividade está relacionado com o aumento do

consumo de energia, mas com o desenvolver das tecnologias e melhorando a gestão energética, esses fatores acabam contribuindo para a redução nos custos do processo. Tal economia pode ser utilizada em outras etapas e tornar isso um ciclo contínuo, fortalecendo a ideia de fazer sempre mais com menos recursos. Por se tratar do setor que mais consome energia no Brasil, o setor industrial sempre teve mais visibilidade e por essa exposição, sempre foi o mais cobrado por iniciativas sustentáveis.

Segundo a Agência Internacional de Energia, a eficiência energética é a forma mais rápida e barata de evitar uma catástrofe ambiental no futuro, considerando a constante alta na demanda, principalmente em países em desenvolvimento (GELLER, 2003). Mesmo as fontes energéticas consideradas “limpas”, contribuem com impactos ambientais, variando apenas o nível.

Esses impactos no meio ambiente, como aumento da temperatura ao redor do mundo, pior qualidade do ar, podem se dar pela emissão de gases poluentes, onde esses mesmos que são conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE), são emitidos, por exemplo, no processo de conversão de energia cinética existente nas massas de água em energia elétrica que acontece nas hidrelétricas, de forma que a força da queda d’água movimentam as pás que estão interligadas com turbinas e esse movimento é convertido em energia elétrica através dos geradores (eCycle, 2018). Esse processo mesmo contendo em sua maioria apenas motores elétricos, acaba contribuindo bastante com a emissão de Metano (CH₄) e gás Carbônico (CO₂), pois para ser construída uma usina hidrelétrica, é necessário que seja feita a retirada da vegetação para que este local seja inundado, dando origem à represa e essa matéria orgânica que sobra do corte das árvores e plantas se decompõem e emitem os GEEs para a atmosfera.

Sabendo que não existe uma forma de produzir energia “limpa”, é necessário que o pensamento da população mude para que a energia seja utilizada em toda sua forma de um jeito racional, tudo isso apoiado pelas questões políticas socioambientais e diretrizes das grandes indústrias.

Visto que há um intenso funcionamento dos equipamentos propostos à substituição, por se tratarem de equipamentos bem antigos, fabricação perto dos anos 2000, em uma grande fábrica de alimentos na cidade de Mairinque, São Paulo, fez-se este estudo para mapear as oportunidades de redução da emissão de gases poluentes, em especial o Dióxido de Carbono, através da economia de energia elétrica.

Um defeito “comum” que ocorre entre os motores elétricos é quando as espiras de uma mesma bobina perdem a isolamento e esse calor gerado faz com que esse esmalte protetor seja carbonizado,

exalando um cheiro característico de queimado. Essa proteção é feita a fim de evitar o contato entre duas bobinas de diferentes fases ou uma bobina e o núcleo, o que acarretaria em um curto-circuito entre as espiras. Quando ocorre esse fenômeno, é comum que seja feito o rebobinamento do motor para evitar o descarte. Essa manutenção é a troca das bobinas e isolamento danificada por novos materiais, sendo que a cada ocorrência, o motor perde entre 1 e 5% de eficiência na conversão de energia elétrica para mecânica. (Revimaq, 2013). Após o diagnóstico energético em motores elétricos trifásicos, considera-se a troca do equipamento quando estes funcionam todo o tempo com uma carga abaixo de 50% do seu dimensionamento.

1.1 JUSTIFICATIVAS

Como mostrado na Figura 1, o setor industrial representa aproximadamente 33% do consumo energético do país e por isso as indústrias tiveram que adotar a mentalidade de serem cada vez mais eficientes, tudo isso alinhado à sustentabilidade total em todas as etapas do processo, fortalecendo o número de investimentos e estudos para que a estação energética evoluísse. Novas práticas, mudanças operacionais e muitos projetos já foram feitos, mas ainda existem inúmeras oportunidades. Mas não é pelo fato que existem muitas aberturas, que as mesmas devem ser aplicadas sem planejamento, desperdiçando recursos. O correto é dar prioridade sempre para aquelas que utilizam menores investimentos e trazem retornos significativos, seja em forma de capital, de sustentabilidade ou para a imagem da empresa, utilizando sempre todos os recursos de forma racional.

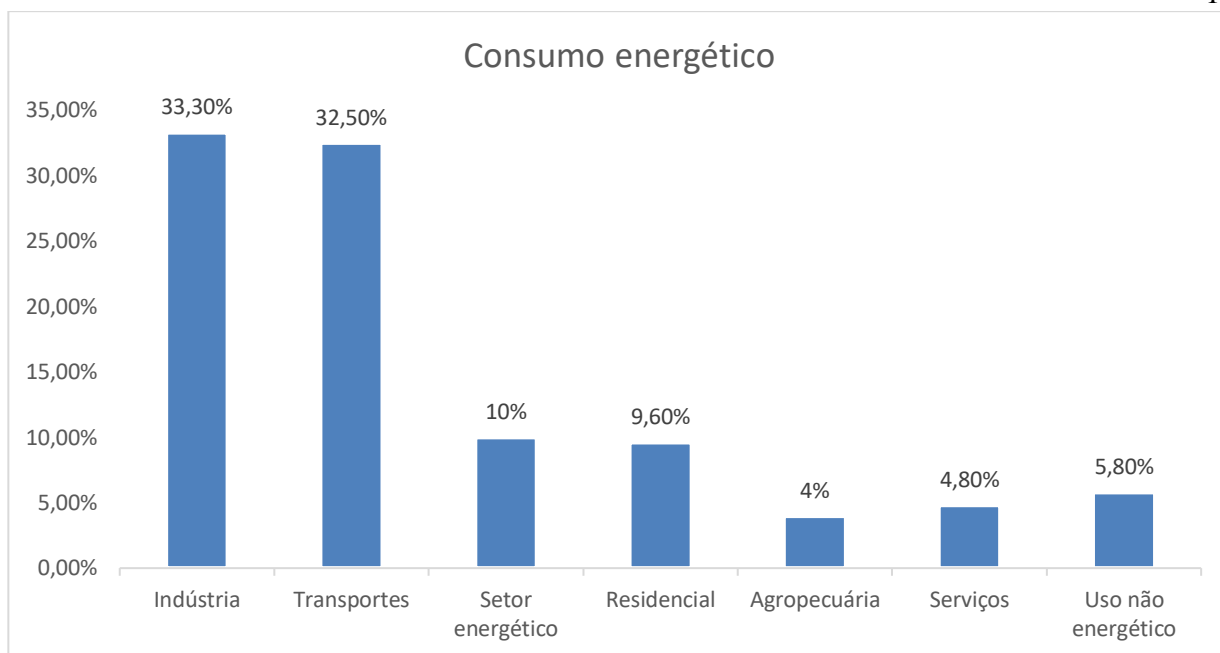


Figura 1 - Consumo energético em cada setor brasileiro. (Suapesquisa.com, 2019)

Com o grande número de oportunidades na área de eficiência energética industrial e considerando que essa área está sempre autorenovando, acaba por justificar a intenção desse trabalho, ainda mais no Brasil que nunca teve muitas políticas institucionais sobre o assunto.

Esses motivos citados foram fundamentais para a criação desse projeto, somado ao fato da grande motivação do autor em aprofundar seu conhecimento sobre o tema, alinhando seu conhecimento adquirida na graduação com as expectativas anseadas pela indústria.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é reduzir a emissão de Dióxido de Carbono (CO₂) em uma indústria alimentícia, que tem como produto final a maionese, além de uma redução do consumo energético na empresa em estudo, trazendo para a companhia um resultado significativo no quesito financeiro e sustentável.

Como objetivos específicos, têm-se:

- otimizar os processos existentes na indústria em estudo;
- substituir alguns motores elétricos por outros com rendimento superior e com um melhor dimensionamento;

- ocasionar uma economia financeira para a companhia;

1.3 ESTRUTURA

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: o segundo capítulo apresenta o processo em que os equipamentos em estudo estão inseridos, suas respectivas funções e dados específicos de cada motor.

O terceiro capítulo trata-se do detalhamento da metodologia aplicada para obtenção dos resultados finais, através do diagnóstico energético e a nova especificação dos equipamentos recomendados à substituição.

O quarto capítulo traz os resultados finais e o quinto e último capítulo traz a conclusão do projeto, além da sua continuação para o futuro.

2. PROCESSOS INDUSTRIAIS ENVOLVIDOS

Neste capítulo são analisados os processos industriais em estudo, especificamente de dois motores elétricos trifásicos que estão cada um em uma torre de resfriamento e em um processo diferente. São explicados não só as suas funcionalidades, mas também todos os detalhes do que é uma torre de refrigeração, como e porquê ela é tão necessária nos processos industriais.

2.1 TORRE DE RESFRIAMENTO

Em muitos processos industriais, a troca de calor é amplamente utilizada para aquecer ou resfriar determinados produtos e chegar nas condições desejadas. Nesse trabalho, o foco é a refrigeração da água e conseqüentemente o produto desejado após a troca térmica, visto que a maionese é envasada à frio. Esse processo ocorre através das Torres de Resfriamento (TR) que servem para resfriar a água do processo em um circuito fechado, advinda de trocadores de calor. A Figura 2 ilustra uma TR e suas partes.

A água fria que sai das TRs vai para o processo, num equipamento específico para trocar calor entre fluidos, e pode servir para resfriar máquinas, a fim de evitar o superaquecimento das mesmas ou resfriar algum produto para que atinja uma temperatura mais baixa, como tratado nesse estudo.

A água quente que retorna do processo é bombeada para o topo da TR e gotejada em uma estrutura denominada Colméia, que tem a função de espalhar o fluido em todos os sentidos, buscando a permanência da massa de água por mais tempo na estrutura, facilitando assim a troca térmica. No contato direto da corrente de água com a massa de ar, ocorre uma transferência de calor do mais quente (água) para o mais frio (ar), fazendo com que a água perca calor e haja o processo de evaporação, como mostrado na Figura 2. A TR é projetada para que haja uma grande superfície de contato para aumentar o rendimento do processo e conseqüentemente consiga suprir os valores de vazão e temperatura do fluido a ser refrigerado.

Após a refrigeração do fluido, parte da água segue para o processo, parte evapora e o restante se torna mais concentrada, permanecendo assim com uma quantidade maior de sólidos. Para que não haja perda de eficiência na troca térmica, é necessário um tratamento químico na água, a fim de evitar incrustações, processos corrosivos nas tubulações e na torre de resfriamento, como também contaminações biológicas do fluido e do produto alimentício.

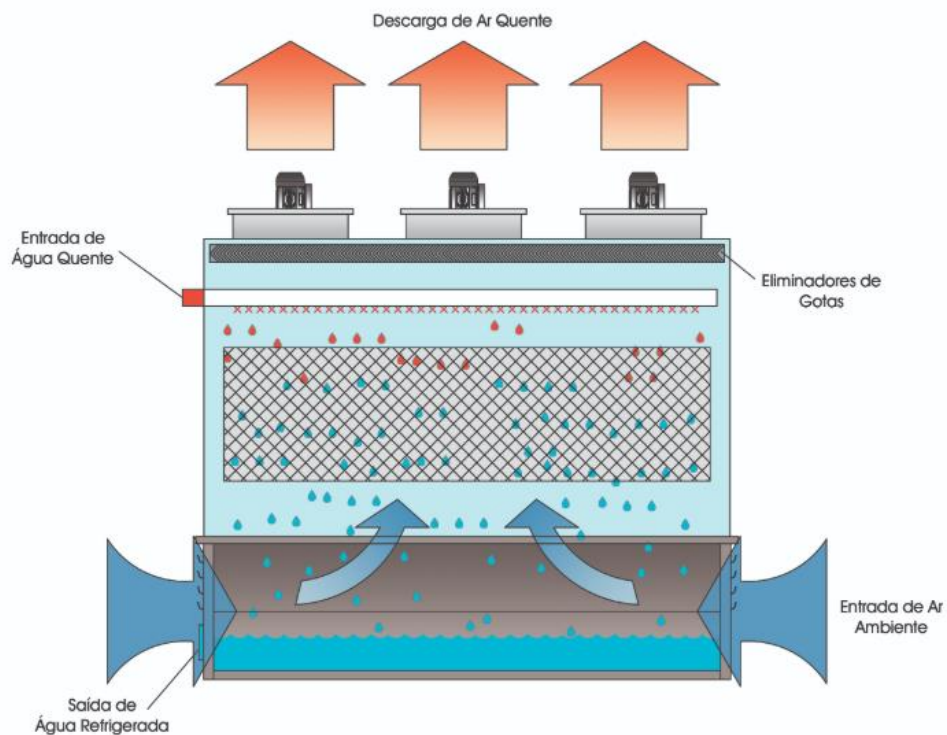


Figura 2 - Funcionamento de uma torre de resfriamento. (EVAPCO, 2019)

2.2. PROCESSO 1

O processo 1, no qual está inserido o motor elétrico 1, é responsável pela formulação da maionese, que é o produto final desse estudo. A Figura 4 resume o fluxograma do processo, descrito a seguir.

A água sai da TR 1 com uma temperatura entre 21 e 23°C, e em seguida vai para o compressor de amônia, onde troca calor. A amônia é um fluido refrigerante utilizado em larga escala na refrigeração industrial devido ao seu alto poder de refrigeração. Após essa troca, a temperatura da água está em torno de 7 a 8 °C e segue para o trocador de calor, onde há a troca térmica com o outro fluido (mistura de óleo vegetal e vinagre) que atinge 65°C em um tubo circular em um lado do equipamento, representado pela cor vermelha na Figura 3. Representada pela cor verde na mesma figura, está a água que sai da TR a uma temperatura entre 21 e 23°C. Entre esses tubos há várias placas de metal para que haja uma maior superfície de contato e conseqüentemente uma maior troca térmica, para que assim o produto perca calor para a água (que será retornada para a TR com um aumento de temperatura) e diminua sua temperatura, como mostrado na Figura 4 que é uma representação do processo 1.

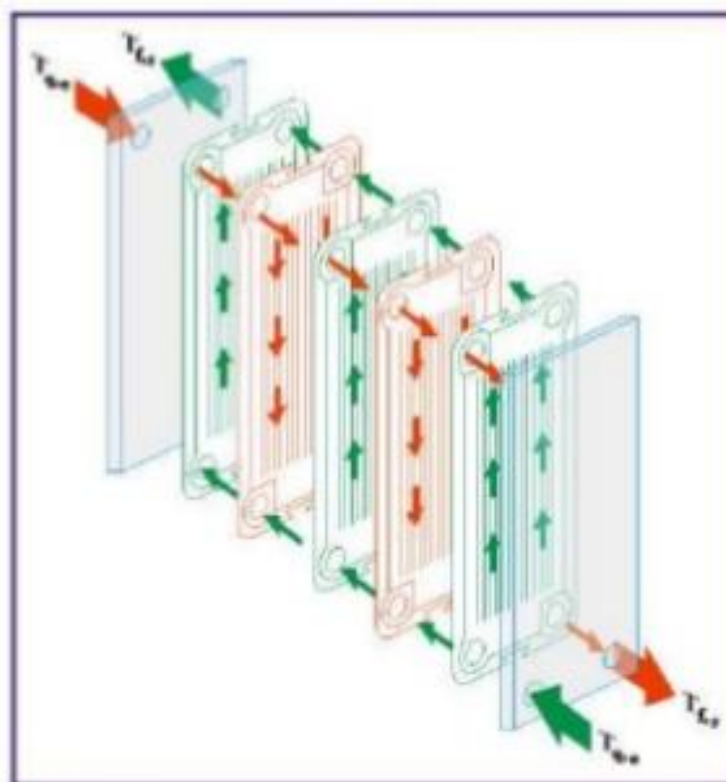


Figura 3 - Trocador de calor do tipo Placas.

Após a troca de calor, a mistura de óleo e vinagre está com a temperatura entre 20 °C e 23°C, estando assim apta a receber o amido e o ovo. O ovo é mantido entre 3 °C e 7°C para evitar bactérias como salmonela, mas com essa temperatura, ainda é capaz de manter um bom nível de agitação das moléculas, e servirá de emulsificante natural, permitindo ligar todas as moléculas. Na fase final do processo, é adicionado aromas de acordo com cada receita, estando apto assim para ser envasado em temperaturas frias, mantendo a qualidade do produto final.

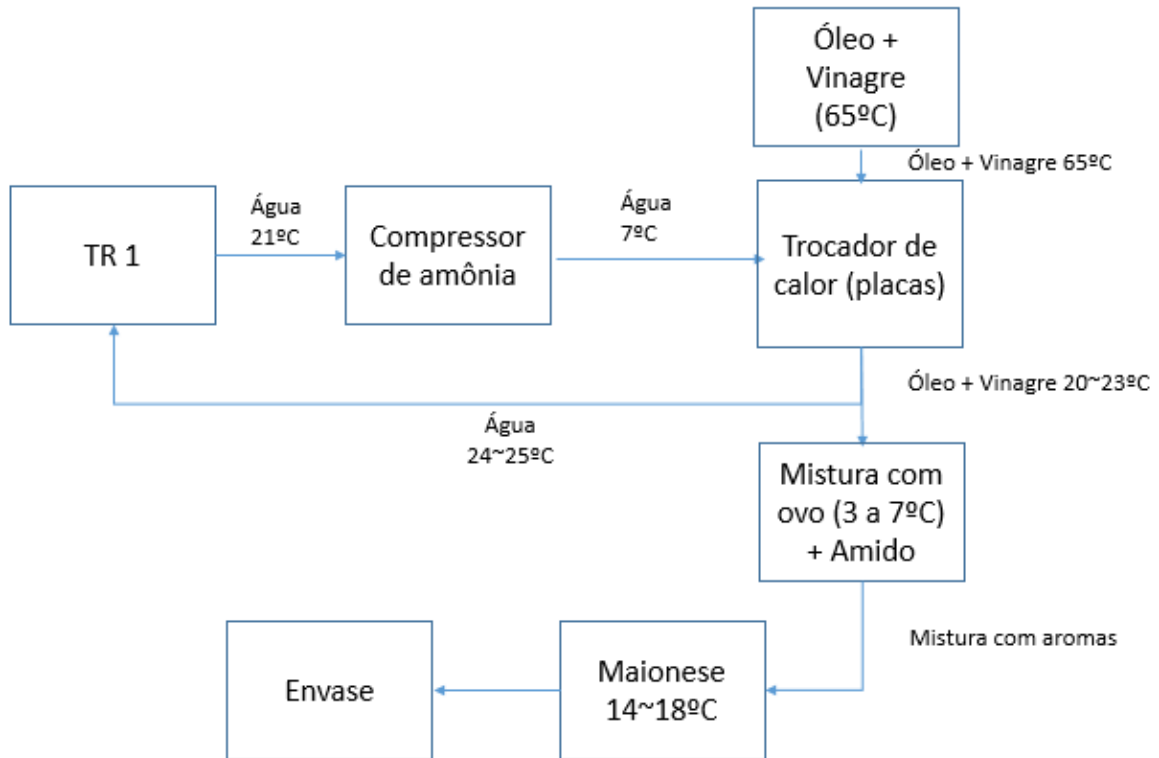


Figura 4 - Mapa básico do processo 1.

2.2.1. motor 1 - tr 1

Como já mostrado na Figura 2, a água chega no topo da TR1 para a primeira etapa no processo de troca de calor, onde um motor elétrico aciona o ventilador. Esse é o motor denominado de motor 1, onde o mesmo funciona por 330 dias no ano 24h por dia, considerando que sempre ocorrem algumas paradas no processo, feriados e manutenção nesses equipamentos. Os dados do motor 1 estão detalhados Tabela 1 e na Tabela 2.



Figura 5 - Topo de uma TR com um motor acionando o ventilador.

Tabela 1 - Dados do motor 1.

Características da plaqueta Motor 1			
Carcaça	180M	Corrente nominal	72,4/41,9 A
Potência	30 Cv	Corrente de partida	507/293 A
Frequência	60 Hz	Corrente a vazio	24,0/13,9 A
Pólos	2 pólos	Tempo de rotor bloqueado	10 s
Rotação nominal	3540 rpm	Fator de serviço	1,15
Escorregamento	1,67%	Temperatura ambiente	-20 a 40°C
Tensão nominal	220/380 V	Proteção	IP55

Na plaqueta não há as informações de rendimento e fator de potência de acordo com a variação da carga, por isso foi necessário coletar esses dados no site do fabricante, a WEG.

Tabela 2 - Rendimento e Fator de potência do motor 1. (<http://ecatalog.weg.net>)

% Carga	50%	75%	100%	% Carga	50%	75%	100%
Rendimento	90,50%	91%	91,6%	Fator de potência	0,75	0,83	0,87

A imagem com a curva de carga, que irá auxiliar nos cálculos de consumo de energia elétrica, será apresentada no capítulo 3.

2.3. PROCESSO 2

No processo 2, é realizado o resfriamento da água para diminuir a temperatura dos compressores de ar comprimido, localizados na área de Utilidades da planta. O equipamento utilizado é o mesmo tratado na sessão 2.1, a Torre de resfriamento. A única diferença é o equipamento que trocará calor com a água e o fluido que vai ser resfriado. Além disso, a torre do processo 2 (TR2) é formada por 2 ventiladores e consequentemente por 2 motores de acionamento, denominados aqui de motor 2 e motor 3.

A água que sai da TR2 vai para o compressor de amônia com temperatura de entrada em torno de 21°C, e em seguida sai do compressor com aproximadamente 7°C, conforme ilustrado no diagrama da Figura 6. Parte dessa água vai diretamente para o compressor de ar comprimido para resfriar e proteger o sistema eletromecânico desse equipamento e a outra parte segue para o trocador de calor do tipo tubular, que troca calor com a água que sai do compressor de ar comprimido a 85°C, para que assim o fluido possa retornar à TR 2 com uma temperatura em torno de 24 a 25°C.

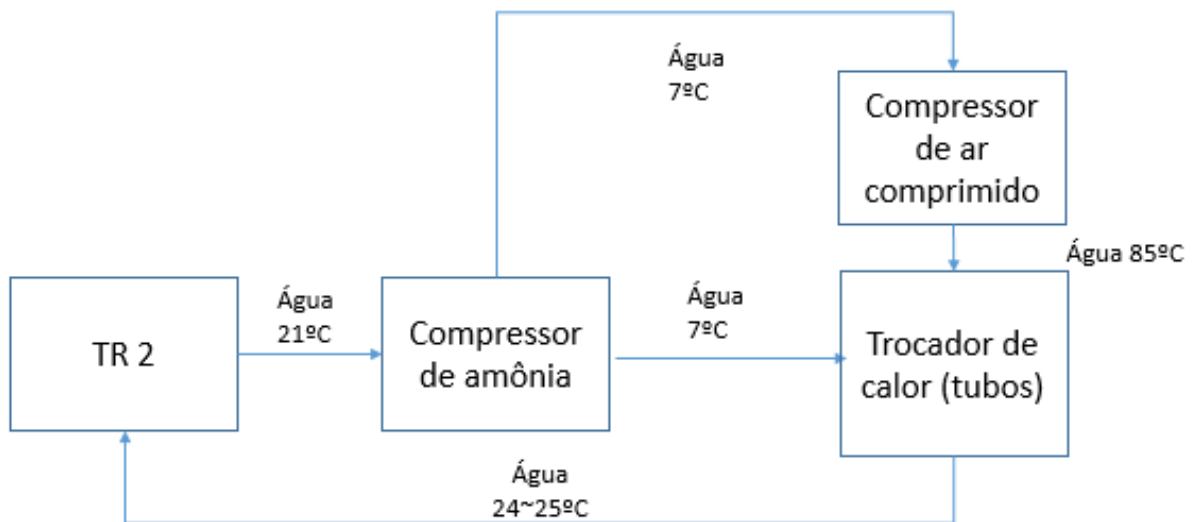


Figura 6 - Processo TR 2.

Esse trocador de calor do tipo tubo é formado por vários tubos circulares, sendo um dentro do outro, como mostra a Figura 7. Assim, o fluido com maior temperatura passa no tubo interno e o fluido com menor temperatura passa entre o tubo interno e o externo, ou vice-versa.



Figura 7 - Trocador de calor tipo Tubo.

A água que sai da TR 2 com aproximadamente 21°C, não é suficiente para resfriar um equipamento do tamanho de um compressor de ar. Por isso, é necessário que essa água vá para o sistema de resfriamento por amônia, onde sairá com temperaturas bem menores (cerca de 7 °C) e conseguirá resfriar o sistema de ar comprimido, evitando danos nos circuitos elétricos e mecânicos do equipamento.

2.3.1. Motor 2 e 3 - TR 2

Os motores 2 e 3 da TR 2 são utilizados para acionamento de um conjunto de ventiladores. Eles trabalham cerca de 330 dias por ano, 24 horas por dia, parando apenas para algumas inspeções, manutenções ou feriados.. A Tabela 3 e a Tabela 4 mostram os dados desses motores.

Tabela 3 - Dados do motor 2 e motor 3.

Características da plaqueta Motor 2 e motor 3			
Carcaça	160L	Corrente nominal	61,0/35,3 A
Potência	25 Cv	Corrente de partida	506/293 A
Frequência	60 Hz	Corrente a vazio	22,0/12,7 A
Pólos	2	Tempo de rotor bloqueado	9 s
Rotação nominal	3540	Fator de serviço	1,15
Escorregamento	1,67%	Temperatura ambiente	- 20 a 40°C
Tensão nominal	220/380 V	Proteção	IP 55

Tabela 4 - Redimento e Fator de potência dos motores 2 e 3 (<http://ecatalog.weg.net>).

% Carga	50%	75%	100%	% Carga	50%	75%	100%
Rendimento	91,0%	91,5%	91,5%	Fator de potência	0,74	0,83	0,87

2.4. PROCESSO 3

No processo 3, é realizada a geração de vapor, através da captação de água potável, tratamento químico para desmineralizá-la e abastecer as caldeiras que aquecem tubos preenchidos com essa água tratada, formando assim o vapor a uma determinada pressão estabelecida pelas particularidades do processo, que é amplamente utilizado na indústria em vários processos de produção ou limpeza das máquinas. O tipo tratado aqui é a caldeira aquatubular, que possui tubos preenchidos com água e que são aquecidos através da queima de algum combustível, seja biomassa, gás natural ou óleo, formando assim o vapor. As caldeiras tratadas nesse estudo são todas do tipo aquatubular e alimentadas por gás natural. A Figura 8 ilustra uma caldeira aquatubular.

O combustível alimenta o queimador para que haja a queima na fornalha, que fica próxima de tubos preenchidos por água, que é transformada em vapor. Essa água de alimentação não é uma água comum, pois precisa receber alguns tratamentos químicos, podendo ser abrandada, que é a retirada de cálcio e magnésio, ou desmineralizada, que é a retirada de praticamente todos os sais mineirais e íons da água potável. Isso tudo para que não haja incrustamento ou oxidação das tubulações da caldeira, sendo a desmineralizada a utilizada no processo estudado, por se tratar de um melhor índice de pureza e conseqüentemente uma preservação maior da vida útil do ativo.

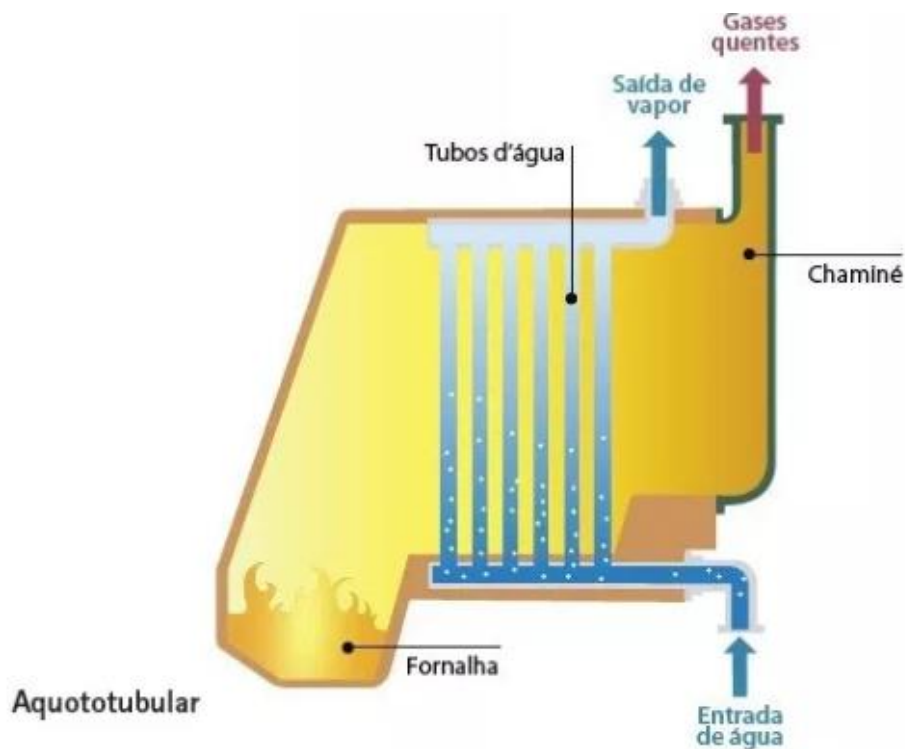


Figura 8 - Caldeira aquotubular. (revistaadnormas.com.br)

No processo 3, a água potável é bombeada do sistema de captação para o sistema de desmineralização, trabalho feito pelo “Motor 4”. Após essa purificação, essa água desmineralizada é enviada para um tanque pulmão de armazenamento e por último é levada para 3 diferentes caldeiras (5, 6 e 7), que enviam vapor para diferentes processos. A Figura 9 ilustra este processo de formação de vapor.

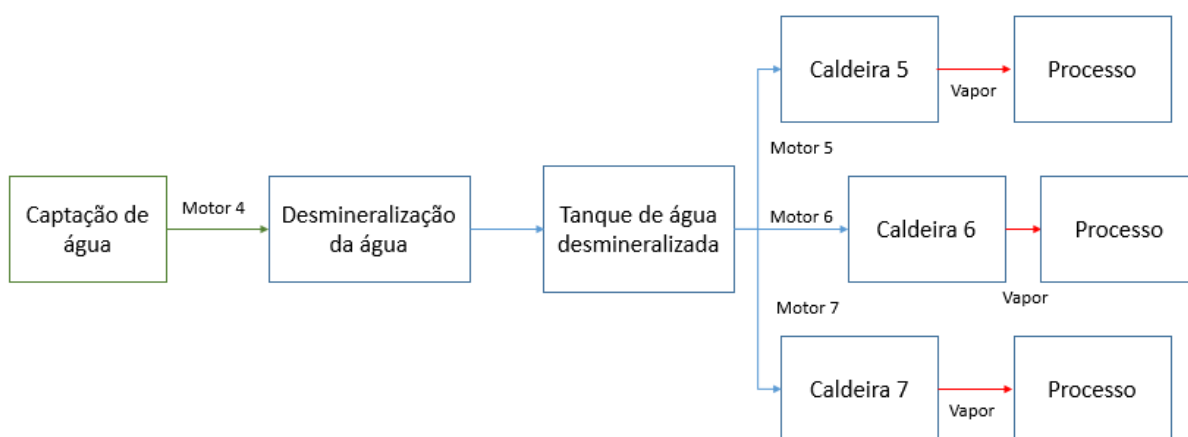


Figura 9 - Processo de formação de vapor.

2.4.1. Motor 4

O conjunto motobomba é responsável por enviar água potável da captação para o sistema de desmineralização (trabalho executado pelo Motor 4). Esse equipamento trabalha durante aproximadamente 330 dias por ano, num regime 24 horas por dia, visto que as caldeiras funcionam todo o tempo e, conseqüentemente, seu sistema de água precisa estar sempre em um limite seguro para não impactar o processo. A Tabela 5 e a Tabela 6 mostram dos dados do Motor 4.

Tabela 5 - Dados do Motor 4.

Características da plaqueta Motor 4			
Carcaça	225M	Corrente nominal	120/69,5 A
Potência	50 Cv	Corrente de partida	972/563 A
Frequência	60 Hz	Corrente a vazio	42,0/24,3 A
Pólos	2	Tempo de rotor bloqueado	12 s
Rotação nominal	3565 rpm	Fator de serviço	1,15
Escorregamento	0,97%	Temperatura ambiente	-20 a 40 °C
Tensão nominal	220/380 V	Proteção	IP55

Tabela 6 - Rendimento e Fator de potência do Motor 4(<http://ecatalog.weg.net>).

% Carga	50%	75%	100%	% Carga	50%	75%	100%
Rendimento	90,5%	92,5%	93,0%	Fator de potência	0,76	0,83	0,87

2.4.2. Motor 5, 6 e 7

Os motores responsáveis por enviar a água já desmineralizada para alimentar as caldeiras são os denominados de motor 5, 6 e 7, que alimentam as caldeiras 5, 6 e 7, respectivamente. Eles também trabalham em um regime 24 horas por dia, durante 330 dias ao ano, aproximadamente. Os dados desses motores estão na Tabela 7 e na Tabela 8.

Tabela 7 - Dados dos motores 5, 6 e 7.

Características da plaqueta Motor 5, 6 e 7			
Carcaça	200M	Corrente nominal	99,0/57,3 A
Potência	40 Cv	Corrente de partida	634/367 A
Frequência	60 Hz	Corrente a vazio	30,0/17,4 A
Pólos	2	Tempo de rotor bloqueado	18 s
Rotação nominal	3550	Fator de serviço	1,15
Escorregamento	1,39%	Temperatura ambiente	-20 a 40 °C
Tensão nominal	220/380 V	Proteção	IP55

Tabela 8 - Rendimento e Fator de potência dos motores 5, 6 e 7 (<http://ecatalog.weg.net>).

% Carga	50%	75%	100%
Rendimento	90,5%	92,5%	93,0%

% Carga	50%	75%	100%
Fator de potência	0,76	0,83	0,87

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo, a metodologia utilizada na coleta de dados e os cálculos a fim de comprovar a viabilidade financeira do estudo são mostrados. Como são vários equipamentos espalhados em vários lugares da fábrica, e por demandarem um certo tempo para que a coleta seja feita com segurança do colaborador e do ativo, foram abertas 12 ordens de serviços.

As coletas de dados foram realizadas a cada duas semanas, totalizando 6 meses, iniciando em 04/06/2018 e terminando em 05/11/2018. Durante as coletas, os eletricitas designados, portavam todos os EPIs obrigatórios, como capacete, óculos, bota, uniforme classe de risco 2, contra fogo e arco elétrico, além de ferramentas variadas e um alicate amperímetro da marca Fluke e modelo 302+, com capacidade de medir até 400 A em corrente alternada.

A curva de carga de cada motor foi encontrada no site do fabricante para tensões de 220V, enquanto no estudo a tensão utilizada é de 380V, sendo recomendado pelo fabricante dos motores (WEG) a utilização do fator 0,577 para fazer a conversão dos valores de corrente.

3.1 Diagnóstico Energético

Para a análise do diagnóstico energético, fez-se a coleta da corrente de cada motor, e através da curva de carga obteve-se a porcentagem de carga e rendimento.

O cálculo do consumo de cada equipamento é dado pela equação (1).

$$Consumo = \frac{P(Cv) \times \% Carga \times \frac{horas}{ano} \times 0,736}{\eta} \quad (1)$$

Onde:

Consumo: Consumo em kWh do equipamento.

P (CV) = Potência do motor encontrada na plaqueta.

Porcentagem de carga = Carregamento do motor em porcentagem.

Horas/ano = Número de horas trabalhadas do motor no ano.

η = Rendimento.

Com um motor elétrico funcionando com carregamento abaixo de 50%, é recomendada a troca do mesmo. Portanto, através da equação (2), pode-se recomendar um novo equipamento que atenda às condições para uma melhoria no rendimento.

$$P_{real} = P_{motor} \times \% Carga \quad (2)$$

Onde:

P_{real} = Potência real do motor.

P_{motor} = Potência dada na plaqueta do motor.

% Carga = Carregamento do motor em porcentagem.

A partir do valor achado de P_{real} , escolhe-se a potência imediatamente superior e recalcula-se a nova % Carga, através da equação (3).

$$\% Carga_{novo} = \frac{P_{real}}{P_{novo}} \quad (3)$$

Sabendo a potência do novo motor recomendado e a nova % da carga, através da curva de carga obtida no site do fabricante, têm-se o novo consumo através da equação (1). Em seguida, por subtração, encontra-se a economia em kWh com a troca do equipamento.

3.2. Análise Financeira

Para calcular a viabilidade financeira do projeto, é necessário entender um pouco mais sobre análises de TIR (Taxa Interna de Retorno) e *payback*.

- TIR: serve para calcular a taxa de desconto que teria um determinado fluxo de caixa para igualar o VPL (Valor Presente Líquido) a zero, ou seja, a taxa de retorno do investimento, conforme mostra a Equação (4). (Benjamin Ferreira de Barros, 2013)

$$VPL = 0 = Investimento + \sum \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} \quad (4)$$

Onde:

F_t = Fluxo de caixa de cada período.

t = Período.

Em outras palavras, é a taxa de lucro que o projeto precisa render para se tornar lucrativo.

- *Payback*: É o tempo que o projeto irá se pagar, conforme ilustra a equação (5).

$$Payback = \frac{Investimento \text{ R\$}}{Ganho \text{ R\$}} \quad (5)$$

Quanto menor o *payback*, mais viável financeiramente é o estudo.

3.3. Redução de Gases Poluentes

Anualmente um relatório do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações é emitido, informando os valores mensais de emissão médios de CO₂ (Dióxido de carbono), com o objetivo de estimar a quantidade emitida desse gás poluente em função da geração de energia elétrica no cenário energético brasileiro. Esse fator é calculado através da média de emissão de GEE de todas as usinas geradoras de energia elétrica do SIN (Sistema Interligado Nacional). (MCTIC, 2019). Os valores utilizados são a média do ano de 2018, pois tem-se o ano por completo.

De acordo com os dados lançados mensalmente pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, pode-se quantificar a emissão de gases poluentes a cada kWh de energia consumido no cenário brasileiro. Utilizando a média de emissão de 2018, obtém-se que são emitidos 0,074 Kg de CO₂ a cada 1 kWh gerado para a atmosfera, de acordo com a matriz elétrica brasileira (MCTIC, 2019). Esse valor é mais alto em países europeus que possuem a matriz elétrica mais concentrada em fontes energéticas de combustíveis fósseis, onde estes são muito mais poluentes, conforme apresentado na Figura 12.

Sabendo da redução do consumo de kWh proposto pela substituição 7 desses motores elétricos e que não é só o ponto de vista econômico que têm valor para a companhia onde o projeto está sendo estudado, fez-se uma relação para quantificar essa redução de gases poluentes, fortalecendo assim o valor ambiental do projeto e da fábrica analisada. A média mensal de emissão de CO₂ a cada kWh gerado no Brasil é apresentado na Tabela 15.

4. RESULTADOS

De acordo com alguns estudos e renomados sites de soluções industriais, como BP solutions, é considerado que a cada rebobinagem do motor elétrico, ele perde cerca de 1 a 5 % de rendimento e que a vida útil do equipamento é de 15 a 20 anos. Como todos motores tratados possuem mais de 20 anos de uso, passando da sua vida útil, é considerado que estes percam 5% de rendimento a cada rebobinagem, visto que passaram do tempo de uso estipulado pelo fabricante. (BP solutions, 2019)

De acordo com o histórico de manutenções e inspeções dos ativos, a Tabela 9 indica a quantidade e data dos rebobinamentos realizados nos motores apresentados nos capítulo anteriores, assim como a porcentagem a ser reduzida do dado de rendimento original.

Tabela 9 - Quantidade de rebobinamentos em cada motor estudado.

Motor	Rebobinamento	Data	Perda de eficiência
1	1	2011	5%
2	2	2009; 2015	10%
3	2	2007; 2014	10%
4	1	2008	5%
5	2	2008; 2016	10%
6	1	2010	5%
7	1	2011	5%

4.1 MOTOR 1

A Tabela 10 apresenta os valores coletados nas 12 ordens de serviços, onde o eletricitista mediu as correntes das três fases R, S e T.

Tabela 10 - Coleta de dados do Motor 1.

Coleta	Data	Corrente R (A)	Corrente S (A)	Corrente T (A)	Média entre fases
1	04/jun/18	23,45	23,66	23,72	23,61
2	18/jun/18	23,54	23,59	23,77	23,63
3	02/jul/18	23,72	23,77	23,8	23,76
4	16/jul/18	23,79	23,67	23,72	23,73
5	30/jul/18	23,69	23,6	23,82	23,70
6	13/ago/18	23,49	23,49	23,47	23,48
7	27/ago/18	23,58	23,61	23,57	23,59
8	10/set/18	23,82	23,88	23,84	23,85
9	24/set/18	23,91	23,97	23,95	23,94

10	08/out/18	23,74	23,73	23,7	23,72
11	22/out/18	23,16	23,21	23,25	23,21
12	05/nov/18	23,88	23,91	23,86	23,88

De acordo com os valores apresentados, determinou-se a média entre as 12 coletas, para encontrar o fator de carga e rendimento do motor, através da curva de carga apresentada pela Figura 10. A média da corrente coletada é de:

$$I_{380V} = 23,68 A$$

Após utilizar o fator de 0,577 para converter o valor encontrado na tensão em 380V para o modelo 220V, obteve-se o seguinte valor:

$$I_{220V} = \frac{23,68}{0,577} = 41,04 A$$

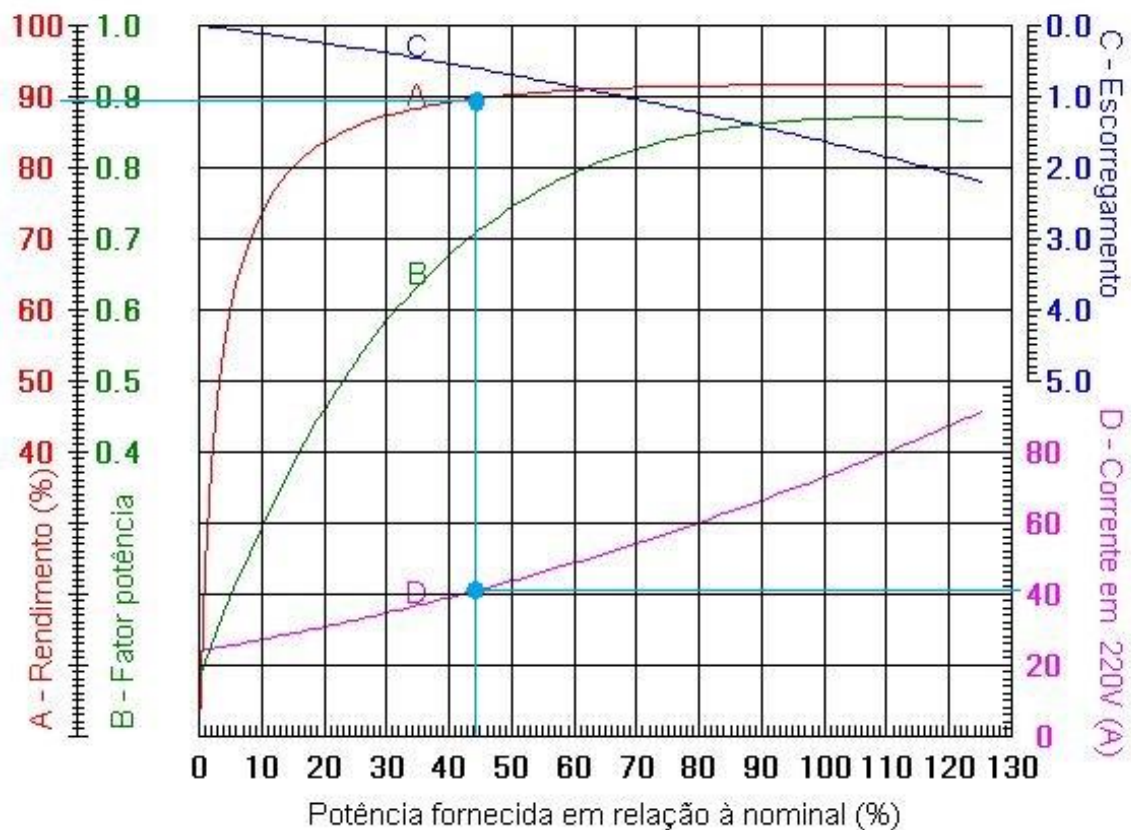


Figura 10 - Curva de carga do Motor 1.

Utilizando a equação (1), juntamente com os dados de rendimento perdido pelos rebobinamentos da Tabela 9, obteve-se o consumo do motor, conforme cálculo seguinte.

$$Consumo = \frac{30 * 0,44 * 7920 * 0,736}{0,84} = 91600,47 \text{ kWh/ano}$$

Onde:

$$P \text{ (Cv)} = 30 \text{ CV}$$

$$\% \text{ Carga} = 44\%$$

$$\text{Horas/ano} = 330 * 24 = 7920$$

$$\eta = 89\% - 5\% = 84\%$$

Como o motor apresenta um fator de carga abaixo de 50%, recomendou-se a substituição por um motor melhor dimensionado e com melhor rendimento. Sendo assim, utilizou-se a equação (2) para achar a potência do novo motor recomendado.

$$P_{real} = 30 * 0,44 = 13,2 \text{ CV}$$

O novo motor recomendado, de valor comercial, é o de 15 CV, por ser uma potência imediatamente acima a encontrada nos cálculos. Através da equação (3), tem-se o novo fator de carga:

$$\% \text{ Carga}_{novo} = \frac{13,2}{15} = 0,88$$

Assim, o motor escolhido para troca é da marca WEG, modelo W22 IR3 Premium, que possui um rendimento superior ao substituído, reduzindo custos e conseqüentemente, reduzindo a emissão de CO₂. Os dados do motor recomendado são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Dados do motor recomendado 1.

Características da plaqueta Motor recomendado 1			
Carcaça	132M	Corrente nominal	36/20,8/18 A
Potência	15 CV	Corrente de partida	299/173/149 A
Frequência	60 Hz	Corrente a vazio	12,2/7,06/6,10 A
Pólos	2 pólos	Tempo de rotor bloqueado	12 s
Rotação nominal	3525 rpm	Fator de serviço	1,25
Escorregamento	2,08%	Temperatura ambiente	-20 a 40°C
Tensão nominal	220/380/440 V	Proteção	IP55

Através da curva de carga fornecida pelo fabricante WEG, Figura 11, juntamente do novo valor de % carga, têm-se o valor de corrente e rendimento, o que através da equação (3), obtêm-se o novo consumo de energia e conseqüentemente a diferença (em R\$) entre os motores.

Através do novo valor de carga, obtém-se o valor $I_{220V} = 33 A$. Convertendo com o fator 0,577, obtém-se o valor $I_{380V} = 19,4 A$, $\eta = 91\%$. Através da equação (1), chega-se ao novo consumo energético.

$$\text{Consumo} = \frac{15 \times 0,88 \times 7920 \times 0,736}{0,91} = 84554,26 \text{ kWh/ano}$$

Resultando em uma diferença de 7.046,18 kWh/ano, onde, considerando um valor estimado de R\$/kWh 0,30 e o preço do novo motor sendo R\$ 4.777,42, o ganho será de R\$ 2.113,86/ano, como mostrado na Tabela 12.

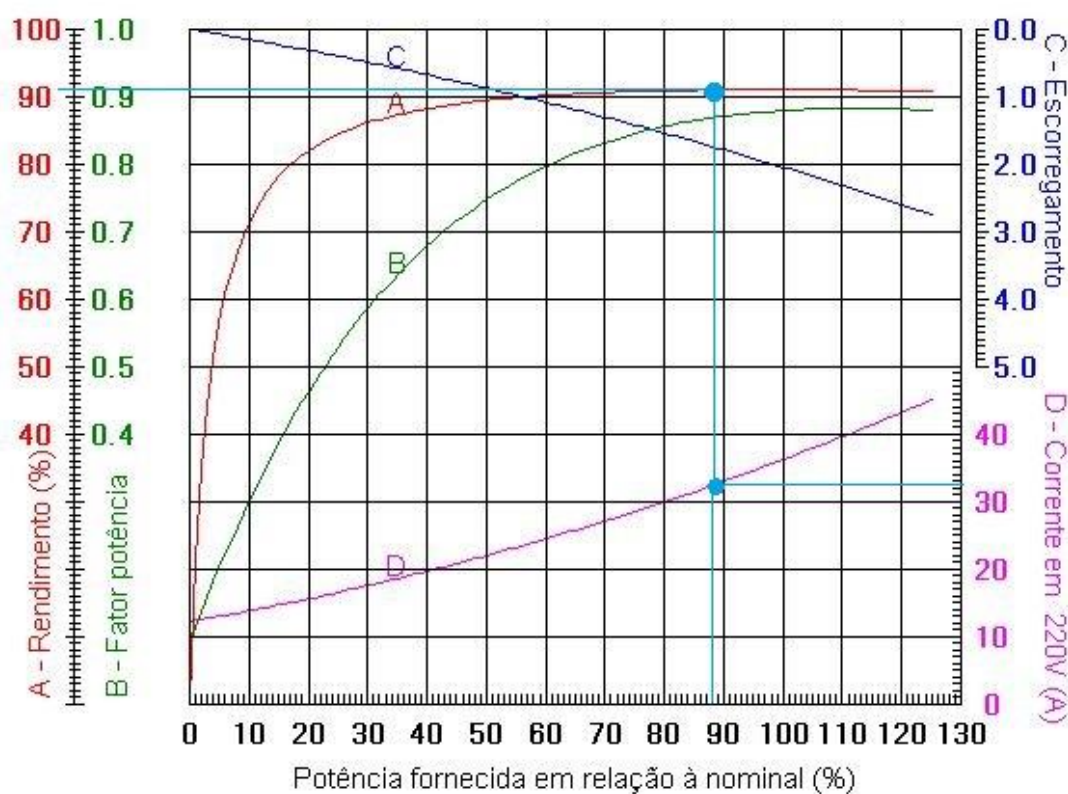


Figura 11 - Curva de carga do motor recomendado 1.

Tabela 12 - Diferença de consumo Motor estudado 1.

Cv	Corrente	Rendimento	Horas/ano	% Carga	Consumo kWh	Custo/ano
30	23,68	84%	7.920	0,44	91.600,46	R\$ 27.480,14
Cv	Corrente	Rendimento	Horas/ano	% Carga	Consumo kWh	Custo/ano
15	19,4	91%	7.920	0,88	84.554,27	R\$ 25.366,28

De acordo com os conceitos mostrados, têm-se os resultados de viabilidade financeira,

conforme a Tabela 13.

Tabela 13 - Viabilidade financeira da substituição do Motor 1.

Investimento	Ganho ano 1	Ganho ano 2	Ganho ano 3	TIR	Payback (meses)
-R\$4.777,77	R\$2.113,86	R\$2.113,86	R\$2.113,86	16%	27,12

Esses valores do TIR e payback indicam que o projeto é viável, refletindo a qualidade do investimento, onde a taxa do retorno do investimento é positiva e o projeto irá se pagar em 2,26 anos.

4.2. MOTORES 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Como os resultados para o motor 1 foram calculado através da metodologia apresentada no Capítulo 3 e como os resultados dos demais equipamentos usarão a mesma linha de raciocínio, optou-se pela demonstração dos resultados dos motores 2, 3, 4, 5, 6 e 7 na Tabela 14

Tabela 14 - Viabilidade dos motores 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Motor	1	2	3	4	5	6	7
P atual (CV)	30	25	25	50	40	40	40
I média (A)	23,68	22,58	22,6	45,64	41,63	32,52	35,53
Consumo kWh/ano	91.600	95.352	95.352	189.785	188.217	127.427	142.043
Carga atual (%)	44%	53%	53%	56%	67%	47%	53%
Rendimento atual (%)	84%	81%	81%	86%	83%	86%	87%
P novo (CV)	15	15	15	30	30	20	25
Carga nova (%)	88%	88%	88%	93%	89,9%	90%	84,8%
Rendimento novo (%)	91%	91%	91%	92%	91%	91%	92%
Consumo kWh/ano	84.554	84.554	84.554	176.774	172.760	115.301	134.324
Investimento (R\$)	4.777	4.777	4.777	8.527	8.527	8.527	7.869
Ganho (R\$)	2.114	3.240	3.240	3.903	4.637	3.638	1.873
Payback (meses)	27,12	17,64	17,6	26,16	22,1	28	54,6

TIR (%)	16%	46%	46%	18%	29%	25%	-15%
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Mesmo com a substituição do motor 7 apresentando um ganho positivo, a taxa de retorno do investimento, TIR, é negativa, -15% e o seu payback de 4,55 anos, o que é considerado muito alto para um projeto industrial, inviabilizando financeiramente essa substituição.

4.3. REDUÇÃO DE GASES POLUENTES

A matriz elétrica brasileira é formada quase que inteiramente por fontes de energias renováveis, cerca de 82% no ano de 2016, como mostrada na Figura 12. Esse fator é importantíssimo quando trata-se de emissão de gases poluentes para a atmosfera, visto que há uma grande diferença na poluição oriunda de fontes renováveis e não renováveis (EPE, 2018)

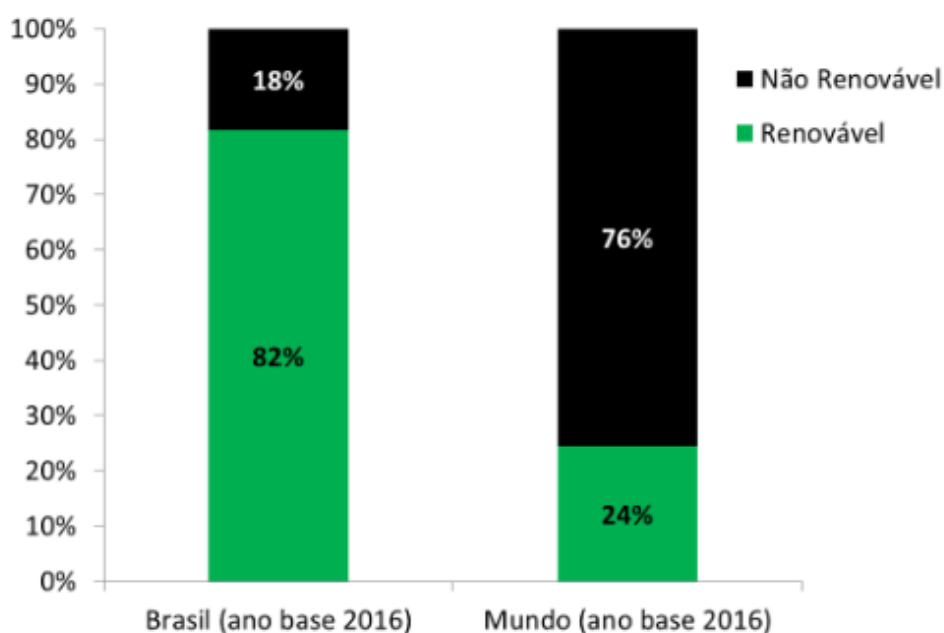


Figura 12 - Fonte energética brasileira e mundial. (EPE, 2018)

Através da Tabela 15, que possui os valores médios mensais de CO₂ emitido a cada kWh gerado por todos conectados no Sistema Interligado Nacional (SIN), obtêm-se os resultados da redução de CO₂ para a atmosfera através da substituição dos motores estudados por motores com rendimento superior e melhor comissionamento. Tais resultados são apresentados na Tabela

16.

Tabela 15 - Fator de emissão a cada kWh gerado.

Fator Médio Mensal (tCO2/MWh)											tCO2/MWh	
Meses											ANO - 2018	
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	0,0740
0,0640	0,0608	0,0635	0,0523	0,0607	0,0915	0,1076	0,1181	0,1182	0,0802	0,0366	0,0343	

Tabela 16 - Resultados da substituição dos motores estudados.

Motor	Consumo atual kWh	Consumo planejado kWh	Redução kWh/ano	Economia R\$/ano	Redução Kg CO2
1	91.600,46	84.554,27	7.046,19	2.113,86	521,42
2	95.352,89	84.554,27	10.798,62	3.239,59	799,10
3	95.352,89	84.554,27	10.798,62	3.239,59	799,10
4	189.785,30	176.774,40	13.010,90	3.903,27	962,81
5	188.217,37	172.759,74	15.457,63	4.637,29	1.143,86
6	127.427,27	115.301,27	12.126,00	3.637,80	897,32
7	142.042,92	135.799,28	6.243,65	1.873,09	462,03
Total	929.779,10	854.297,50	75.481,60	22.644,48	5.585,64

Como já mostrado nas sessões anteriores e alinhado com as análises financeiras, o motor 7 foi o único que apresentou um baixo valor de TIR e alto índice de payback, inviabilizando que o mesmo seja inserido nesse plano de troca. Por esses motivos, os resultados finais com a substituição dos 6 primeiros motores de redução de CO₂ para a atmosfera foram de 5,123 tCO₂, com uma redução no consumo de energia elétrica de 69.237,96 kWh/ano.

5. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou os processos industriais em que os equipamentos estudados estão inseridos, como o da produção da maionese, refrigeração de compressor de ar e bombeamento de água para as caldeiras, a fim de levar uma visão macro para o leitor, possibilitando que o mesmo consiga acompanhar a linha de raciocínio por completa, desde a funcionalidade de cada motor, sua especificação e o impacto nas áreas da indústria aqui tratada. O foco principal do estudo é a redução da emissão de Dióxido de Carbono para a atmosfera, com a substituição de motores antigos e mal comissionados, por motores com alto rendimento e melhores comissionamentos, tudo isso feito através de conhecimentos teóricos adquiridos na faculdade, alinhados com a sabedoria adquirida no ambiente industrial.

Mostrando com dados e detalhes, os motivos da substituição ou não desses motores, com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica e a emissão de Dióxido de Carbono para a atmosfera, diminuindo custos para a companhia e fortalecendo as metas traçadas de combate à poluição.

O resultado foi totalmente satisfatório, visto que o projeto da troca dos 6 motores que apresentaram uma viabilidade financeira, apresenta um investimento de R\$ 38.451,82 e ganho de R\$ 20.771,39 por ano, totalizando uma taxa de retorno do investimento positiva de 5% e *payback* de 1,85 anos, tudo isso com uma redução de 5,123 tCO₂ para a atmosfera, através da redução 8,82% de kWh .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Consumo de energia no Brasil. **Suapesquisa**, 2017. Disponível em: <https://www.suapesquisa.com/energia/consumo_energia_brasil.htm>. Acesso em 13 abr. 2019.

Torre de resfriamento STR. **EVAPCO**, 2019. Disponível em: <<https://www.evapco.com.br/pt-br/products/cooling-towers-factory-assembled/torre-de-resfriamento-str>>. Acesso em 12 nov. 2019.

Eficiência energética e sustentabilidade: entenda essa relação. **Solarprime**, 2019. Disponível em: <<http://solarprime.com.br/blog/eficiencia-energetica-e-sustentabilidade-entenda-essa-relacao/>>. Acesso em 13 abr. 2019.

TURELLA, Rafael. **Eficiência energética – O que é? Qual a importância?**. Cubienergia, 2019. Disponível em: <<https://www.cubienergia.com/eficiencia-energetica/>>. Acesso em 21 abr. 2019.

GELLER, H. S. (2003). *Revolução Energética: Políticas para um futuro sustentável*. Rio De Janeiro: Relume Dumará.

O efeito dos serviços de reparos e rebobinamentos dos motores elétricos. **Revimaq**. Disponível em: <https://www.revimaq.com/noticia/o-efeito-dos-servicos-de-reparos-e-de-rebobinamento-no-rendimento-dos-motores-eletricos>. Acesso em 12/09/2013.

Matriz energética e elétrica. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 21/10/2019.

Calculadora de compensação de gases poluentes. Disponível em: <https://www.iniciativaverde.org.br/calculadora/index.php#casa>. Acesso em: 21/10q2019.

FERNANDO DE SÁ RIBEIRO, A. (2014). *Gestão de energia e eficiência energética*, 3 edição.

Fator médio – Inventários corporativos. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html. Acesso em: 04/11/2019.

BP Solutions. Entenda de uma forma simples como acontece a rebobinagem de motores. Disponível em: <http://www.bpsolutions.com.br/entenda-de-uma-forma-simples-como-acontece-a-rebobinagem-de-motores/> Acesso em: 06/11/2019.

FERREIRA DE BARROS, B. (2013). Gerenciamento de energia - Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energi elétrica, 2 edição.