

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS CÂMPUS ITUMBIARA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

BIANCA NUNES OLIVEIRA REIS

**ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE MELHORIA TÉCNICA E ECONÔMICA
POR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM UMA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA**

ITUMBIARA

2023

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Bianca Nunes Oliveira Reis

Matrícula: 20161040070260

Título do Trabalho: ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE MELHORIA TÉCNICA E ECONÔMICA POR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara-GO, 19 / 08/ 2023.
Local Data

Bianca Nunes .O. Reis

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

BIANCA NUNES OLIVEIRA REIS

**ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE MELHORIA TÉCNICA E ECONÔMICA
POR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM UMA INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado(a) como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista ao Departamento de Áreas Acadêmicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Itumbiara, na área de Sistema Elétrico de Potência.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto Pacheco;

ITUMBIARA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R375e Reis, Bianca Nunes Oliveira

Estudo de caso: proposta de melhoria técnica e econômica por correção do fator de potência em uma indústria alimentícia./ Bianca Nunes Oliveira Reis. -- Itumbiara, 2023.
60 p. : il. color.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto Pacheco

1. Energia elétrica. 2. Energia - Indústria. 3. Eficiência industrial. I. Título. II. Pacheco, Cláudio Roberto. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

CDD 621.31

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Biblioteca Maria Gabriela Pacheco Pardey / Câmpus Itumbiara
Bibliotecário: Eduardo Pereira Resende CRB1/3266



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA

Termo de Aprovação

Bianca Nunes Oliveira Reis

ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE MELHORIA TÉCNICA E ECONÔMICA POR CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Itumbiara, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 14 de agosto de 2023, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cláudio Roberto Pacheco - Orientador

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Roberlam Gonçalves de Mendonça - Membro Interno

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Victor Régis Bernadeli - Membro Interno

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara

(assinado eletronicamente)


Eng. Eduardo Morais dos Santos - Membro Externo

Itumbiara – GO

2023

Documento assinado eletronicamente por:

- **Claudio Roberto Pacheco**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/08/2023 09:36:02.
- **Roberlam Goncalves de Mendonca**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/08/2023 13:53:16.
- **Victor Regis Bernardeli**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/08/2023 13:50:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/08/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 441991

Código de Autenticação: 1d46d34b4e



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Furnas, nº 55, Bairro Village Imperial, ITUMBIARA / GO, CEP 75524-010
(64) 2103-5612 (ramal: 5612)

Página de assinaturas



Eduardo Santos
038.650.591-80
Signatário

HISTÓRICO

- | | | |
|--------------------------------|---|--|
| 18 ago 2023
13:29:57 |  | Victor Régis Bernardeli criou este documento. (E-mail: victor.bernardeli@ifg.edu.br) |
| 18 ago 2023
14:59:37 |  | Eduardo Moraes dos Santos (E-mail: eduardomoraaisifg@gmail.com, CPF: 038.650.591-80) visualizou este documento por meio do IP 187.25.33.70 localizado em Brasília - Federal District - Brazil |
| 18 ago 2023
14:59:46 |  | Eduardo Moraes dos Santos (E-mail: eduardomoraaisifg@gmail.com, CPF: 038.650.591-80) assinou este documento por meio do IP 187.25.33.70 localizado em Brasília - Federal District - Brazil |



RESUMO

O fator de potência é um índice que mede a eficiência na utilização da energia elétrica. Quando a alimentação de uma carga indutiva é acionada, ocorre um fenômeno de defasagem entre as ondas da tensão e da corrente, causando o surgimento da Potência Reativa. Esta defasagem é calculada pelo Fator de Potência (FP). Uma das maneiras de melhorar a eficiência energética no setor de uma indústria é abrandando o excedente de energia reativa, ocasionando assim vários aprimoramentos para a mesma. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo dos benefícios financeiros e técnicos da instalação de um banco de capacitores. Para o desenvolvimento do estudo, escolheu-se uma fábrica do setor alimentício, onde se precisa fazer a correção do fator de potência reduzindo assim a multa recebida por fator de potência mínimo permitido excedido. Para isso foram coletados dados técnicos referentes à corrente, tensão, potência e fator de potência utilizados para o dimensionamento do banco de capacitores.

Palavras-chave: Fator de potência. Eficiência. Melhoria. Potência reativa. Indústria alimentícia.

ABSTRACT

The power factor is an index that measures the efficiency in the use of electrical energy. When the power supply to an inductive load is activated, a phase shift phenomenon occurs between the voltage and current waves, causing the emergence of Reactive Power. This lag is calculated by the Power Factor (PF). One of the ways to improve energy efficiency in an industry sector is by reducing the surplus of reactive energy, thus causing several improvements for it. The objective of this work is to carry out a study of the financial and technical benefits of installing a capacitor bank. For the development of the study, a factory in the food sector was chosen, where it is necessary to correct the power factor, thus reducing the fine received for exceeding the minimum allowed power factor. For this, technical data were collected regarding current, voltage, power and power factor used for sizing the capacitor bank

Keywords: Power factor. Voltage. Efficiency. Improvement. Reactive power. Food industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Triângulo das potências	18
Figura 2 - Forma de Onda AMT	22
Figura 3 – Eficiência energética industrial em 2018	25
Figura 4 – Variação do PIB e variação do consumo de energia	26
Figura 5 - Banco de capacitor ligado na rede elétrica	31
Figura 6 - Circulação de energia reativa entre unidade e concessionária.	32
Figura 7 - Compensação de energia reativa por grupos de cargas.	33
Figura 8 – Multa UFER de julho de 2016 à abril de 2023	39
Figura 9 – Representação do local de instalação do Banco de Capacitores	40
Figura 10 – Local de instalação do Banco de Capacitores	41
Figura 11 – Diagrama unifilar	42
Figura 12 – Diagrama unifilar ampliado	42
Figura 13 – Fator de potência total indutivo no mês de Maio de 2023	44
Figura 14 – Representação das Células Capacitivas	49
Figura 15 - Representação do Controlador de fator de potência	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos de entrega “Tensão nominal superior a 1KV e inferior a 96KV”.22	
Tabela 2 - Variação da potência do trafo em função do fator de potência	24
Tabela 3 – Subdivisão de grupos de acordo com a tensão	27
Tabela 4 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2016.	36
Tabela 5 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2017.	37
Tabela 6 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2018.	37
Tabela 7 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2019.	37
Tabela 8 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2020.	38
Tabela 9 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2021.	38
Tabela 10 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2022.	39
Tabela 11 – Descrição do faturamento de energia de Abril de 2023.	39
Tabela 12 – Medição de fator de potência total da fábrica no mês de Maio de 2023	43
Tabela 13 – Medição de grandezas no setor da ETE	45
Tabela 14 – Potência típica de capacitores de transformadores.	48
Tabela 15 - Lista de especificações	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FP – Fator de Potência

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CC- Corrente Contínua

CA – Corrente Alternada

AMT - Afundamento Momentâneo de Tensão

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

UFER - Unidade para Faturamento da Energia Reativa excedente

UCWT HD - Unidade Capacitiva Trifásica Heavy Duty

TC - Transformador de Corrente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos gerais	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 POTÊNCIA E CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA	14
3.1 Potência e Fator de potência	16
3.1.1 Potência Elétrica	16
3.1.2 Fator de Potência	19
3.2 Consequencias do baixo fator de potência	21
3.2.1 Variações de tensão	21
3.2.2 Atenuação no rendimento da capacidade de transformadores	22
3.2.3 Custo na conta da fatura de energia	24
3.2.4 Desgaste prematuro dos equipamentos elétricos	26
3.3 Regulamentação e legislação	26
3.3.1 Demanda, Tarifação e Energia Excedente	27
3.4 Benefícios da correção de fator de potência	30
3.5 Correção de fator de potência por Banco de Capacitores em indústria	30
4 PROPOSTA DE MELHORIA	36
4.1 Análise das faturas de energia.	36
4.2 Localização dos bancos de capacitores.	40
4.3 Medições	43
4.4 Dimensionamento do Banco de Capacitores	46
4.5 Especificações dos materiais	48

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5.1	Conclusão	51
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A relação combinada de energia ativa e reativa é extremamente importante para o funcionamento ideal das máquinas. A energia total consumida se classifica em ativa, a energia que realmente realizou trabalho, e reativa, consumida pelos equipamentos para formar os campos eletromagnéticos necessários para o funcionamento, e se aperfeiçoa eficientemente quanto mais próxima de um. Quanto menor for a energia reativa melhor é a utilização da energia nas máquinas, quanto maior for, mais chances de acarretar um custo extra desnecessário e perdas na distribuição e queda no nível de tensão. [1].

Essa condição resulta em aumento na corrente total que circula nas redes de distribuição de energia elétrica da Concessionária, sobrecarregando o sistema e promovendo quedas de tensão, ocasionando acidentes e gerando assim as multas na conta de energia, o principal foco desse trabalho. Segundo a Normativa n.º 414, da ANEEL, consumidores do grupo A (indústria e comércio) são penalizados caso o fator de potência esteja abaixo de 92%. Quanto menor a porcentagem, maior é o consumo de energia reativa no sistema. [2].

Para indústrias onde as quantidades de máquinas indutivas são proeminentes, a tendência natural é “jogar” o fator de potência para baixo com o aumento de reativos no circuito. Além disso, esses equipamentos, assim como os transformadores operando em vazio ou com pouca carga, também contribuem significativamente para reduzir o fator de potência nas instalações e esta situação normalmente ocorre com certa frequência em uma fábrica, como a que estamos analisando, que lida com centenas de motores rodando ao mesmo tempo, e demandam o consumo contínuo de energia em razão do constante abate de frangos por turno para a produção do produto principal da fábrica. Esta situação, sem a inserção de bancos de capacitores nas instalações, corroboram para a empresa ser multada, o que gera prejuízos consideráveis, no processo. [3]

Em uma fábrica são de sua natureza e de suas características operacionais que equipamentos indutivos como motores, geradores ou transformadores percam parte da energia, convertendo-a em potência reativa, medida em kVAr (quilovolt-ampère reativo). [4].

Dito isto, há várias maneiras viáveis de se corrigir esse fator de potência. Dentre as técnicas mais usadas pelas indústrias está a inserção de Banco de Capacitores para suprir a energia reativa demandada pelas cargas, para que a concessionária não seja responsável pelo

abastecimento dessa energia elétrica, causando o benefício financeiro e restringindo a multa imposta. [5].

Por isso a importância desse estudo deve ser ressaltada, pois a melhoria na redução de gastos com energia elétrica não é vantajoso somente para uma indústria, e sim contribuir com questões ambientais para o Brasil todo. Com a redução no consumo de energia, o nível dos reservatórios de água das hidrelétricas serão reduzidos e com isso se criará uma menor necessidade de grandes vazões de água das barragens, podendo essa água ficar estocada para os períodos de maior estiagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O estudo de caso apresentado abrange a melhoria de uma indústria alimentícia situada no estado de Goiás pela compreensão desses aspectos relacionados ao fator de potência na finalidade de apresentar uma proposta que visa dimensionar e implantar um novo Banco de Capacitores que irá substituir o antigo que está inativado por diversas falhas e para compensar o reativo em um dos setores do frigorífico, visando corrigir o baixo fator de potência atual do setor, apresentando medições com dados exibidos em gráficos e tabelas e melhorando a eficiência energética da empresa na totalidade, sendo de grande interesse econômico da mesma e causando também um aperfeiçoamento no uso do sistema elétrico, acarretando benefícios para a sociedade na totalidade graças à consequente redução no consumo de energia e oscilação de tensão.

2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, tem-se a elaboração de uma proposta de melhoria que visa os seguintes aspectos:

- Estudar os conceitos de potência e fator de potência e o que essas grandezas influenciam na eficiência energética;
- Estudar as vantagens da implementação do Banco de Capacitores;
- Analisar os prejuízos do que o baixo fator de potência pode acarretar uma empresa;
- Diminuir a multa por baixo fator de potência na fatura de energia decorrente do mau aproveitamento da energia elétrica;
- Descrição detalhada do local da proposta de melhoria;
- Estudar as faturas de energia e como é representada a multa cobrada pela concessionária na conta de energia;
- O custo-benefício da compra e instalação de Banco de Capacitores, corrigindo

o fator de potência, e normalizando a energia reativa do setor aos níveis exigidos pelos padrões de qualidade;

- Consumo de energia eficiente, salientando as vantagens econômicas em sua aplicação na indústria;
- Apresentação de dados financeiros e medições levantados durante a pesquisa e estudo do projeto;

3 POTÊNCIA E CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

3.1 Potência e Fator de potência

3.1.1 Potência Elétrica

A potência é uma grandeza elétrica, que pode ser definida, basicamente, como a quantidade de energia elétrica consumida por uma carga durante um período. A mesma foi estudada por James Watt, um engenheiro mecânico escocês que foi responsável pelo desenvolvimento da máquina a vapor, que contribuiu de sobremaneira para a revolução industrial. Graças as suas contribuições, a unidade de potência utilizada atualmente utiliza o nome de Watt, representado pela letra W. [6].

A corrente contínua sempre flui na mesma direção entre dois terminais, na transmissão de um sinal contínuo ideal, a tensão e corrente elétrica devem se manter constantes ao longo do tempo. A potência resultante, pode ser obtida pela multiplicação destas duas grandezas, conforme explicitado pela equação abaixo: [7]

$$P = U \times I \quad (1)$$

Onde:

P = Potência Elétrica (Watts);

U= Tensão Elétrica entre os terminais (Volts);

I = Corrente Elétrica que circula (Ampère).

Na corrente alternada, existe uma vantagem que é o fato de a direção da corrente se inverter, ou seja, ser variante no tempo. Esta particularidade facilita e torna possível as alterações nos níveis de tensões e correntes na alteração da tensão da energia, utilizando transformadores que são frequentemente utilizados em tensões muito altas para transmitir energia por longas distâncias. Isto é uma grande vantagem, pois reduz custos e cuidados com a manutenção.[8].

As cargas indutivas e/ou capacitivas, causam defasagem entre a tensão e corrente

elétrica. Os sinais alternados mudam de polaridade continuamente e possuem valor máximo, valor eficaz, valor médio, frequência e período.[7 e 9].

Com isso, enquanto circuitos em CC tem apenas um tipo de potência que é a Potência Ativa, para circuitos em CA existem 3 tipos de potência elétrica:

- Potência Ativa: também pode ser denominada como potência real ou potência útil, transforma a energia elétrica em alguma outra forma de energia que realmente realiza o trabalho que for necessário dependendo dos fundamentos do equipamento. É identificada pela letra P e medida em kW (kilo watts) ou CV (cavalo-vapor) ou HP (horse-power);
- Potência Reativa: é a potência elétrica que não realiza trabalho, ou seja, não é transformada em energia útil. É responsável porém, pela incitação dos campos eletromagnéticos dos equipamentos e dispositivos para que eles possam realizar o trabalho, é derivada de uma reação provocada pela passagem de corrente naquela carga característica.[10].

Apesar disso, essa energia é importante porque ela é usada para outros fins do sistema ou do circuito, por exemplo, em instalações elétricas industriais que é o caso deste trabalho, são ligadas algumas cargas como motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, e outros equipamentos com rolamentos que consomem energia reativa, servindo apenas para magnetizar as bobinas dos equipamentos com a finalidade de formar os campos eletromagnéticos necessários para o seu funcionamento. É identificada pela letra Q e medida comumente em KVAR (kilovolt ampère-reactivo).[11].

- Potência Aparente: É o resultado da soma vetorial entre potência ativa e reativa, ou seja é a potência total. Representada pela letra S e medida em KVA (kilo volt ampères). A composição da potência aparente pelas potências ativas e reativas pode ser entendida com base na abordagem senoidal das ondas de tensão e corrente de um circuito elétrico. [12].

Em sistemas trifásicos equilibrados, estas potências são definidas de acordo com as seguintes equações:

$$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \quad (2)$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3)$$

$$P = S \cdot \cos \Phi \quad (4)$$

$$Q = S \cdot \sin \Phi \quad (5)$$

Onde:

S é a potência aparente (VA);

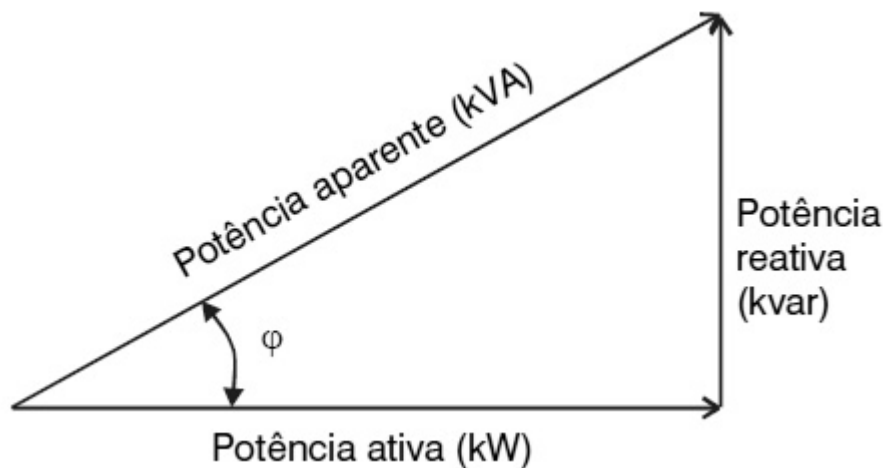
P é a potência ativa (W);

Q é a potência reativa (Var);

U_L e I_L são a tensão (V) e corrente de linha (A). [8].

Na figura abaixo está a representação do triângulo retângulo das potências, uma forma frequentemente utilizada para representar as relações entre kW, kvar e kVA.

Figura 1 - Triângulo das potências



Fonte: [13]

Monteiro (2009, p. 3) complementa:

“Enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte

de alimentação, “ocupando um espaço” no sistema elétrico, o qual poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.”

Para se reduzir os níveis de potência reativa, que fluem da concessionária para a indústria, há a necessidade da instalação de equipamentos que forneçam este excedente de reativos para a empresa. Dentre eles, o mais empregado é a instalação de bancos de capacitores e, o cálculo para a especificação dos mesmos, podem ser obtidos pela resolução do triângulo de potências, e pode ser feita com base na Equação 6.[3].

$$P_c = P_{at} \times (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) \quad (6)$$

Onde:

P_c : Potência dos capacitores em kVAr;

P_{at} : Potência ativa em kW;

φ_1 : Ângulo do FP original;

φ_2 : Ângulo do FP desejado;

3.1.2 Fator de Potência

O fator de potência é uma parcela da porcentagem da potência aparente dissipada, ou seja, a potência ativa. Sendo assim, é pelo valor de fator de potência que se pode analisar a eficiência de um sistema elétrico.

Com isso Cotrim (2008) ressalta:

“O fator de potência deve ser acompanhado das palavras “indutivo”, no caso da corrente atrasada em relação a tensão ou “capacitivo”, caso a corrente esteja adiantada em relação a tensão, isto devido a $\cos(\Phi)$ resultar sempre positivo, independente do ângulo Φ .”

Em termos de potência ativa e reativa, a Eq. (7) a seguir é utilizada:

$$F_p = \frac{P}{|S|} \quad (7)$$

Onde:

F_p = valor do fator de potência.

P = valor da potência ativa.

$|S|$ = módulo da potência aparente. [15].

Substituindo a equação (4) em (7), temos a equação a seguir:

$$F_p = \frac{S \times \cos \Phi}{|S|} \quad (8)$$

Matematicamente, analisando o triângulo das potências representado na figura 1, também conseguimos chegar no mesmo resultado, como fica exemplificado abaixo na equação matemática (9): [14].

$$F_p = \cos \Phi \quad (9)$$

Onde:

Φ é o ângulo formado entre os vetores P e S.

Assim, fisicamente, o fator de potência é definido como o cosseno do ângulo de defasagem entre as ondas senoidais de tensão e de corrente, $\cos(\Phi)$.

As definições apresentadas previamente neste capítulo são válidas para um sistema puramente senoidal, no qual as ondas de tensão e corrente encontram-se exclusivamente na frequência fundamental, 60 Hz, que é o caso do sistema elétrico brasileiro. No entanto, ainda de acordo com Cotrim (2008), atualmente as instalações elétricas, como é no cenário deste trabalho, contam amplamente com cargas não lineares.

As correntes drenadas por estas cargas possuem, além da componente fundamental, outras componentes em frequências múltiplas da fundamental, as denominadas harmônicas, que

é um fenômeno de longa duração e são classificadas em ordens. Quanto maior a ordem da harmônica, menor sua intensidade. As harmônicas de ordem ímpar são mais frequentes, de maior intensidade, gerando mais problemas. [15].

Recomenda-se futuramente que seja feito um outro trabalho segundo análise de distorções harmônicas, que é bastante pertinente à qualidade e energia, tendo como base para esse possível estudo, todo este presente trabalho.

3.2 Consequencias do baixo fator de potência

Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Além do aumento do aquecimento de condutores e equipamentos graças ao crescimento da corrente com o excesso de energia reativa, firma-se uma conexão entre o incremento das perdas de energia e o baixo fator de potência, gerando consequências. [11].

Nos capítulos a seguir são mencionados alguns dos problemas inerentes a um baixo fator de potência.

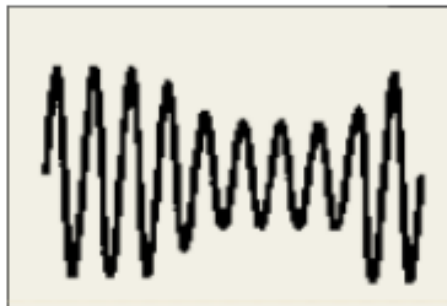
3.2.1 Variações de tensão

Oscilações e quedas de tensão são prejudiciais para os equipamentos elétricos e eletrônicos nas instalações. Os equipamentos expostos a uma tensão acima do limite para o qual foi projetado, sofre uma sobrecarga, podendo assim ocorrer a perda do equipamento, pois seu circuito interno é danificado e acaba “queimando”. Porém, em casos que os dispositivos estão sendo ligados a uma tensão abaixo de seu limite opera com baixa eficiência, produzindo significativamente menos que o ideal, podendo também ser danificado com o mal uso contínuo. [16].

A indústria analisada trabalha intensa e rigorosamente com processos de produção dependentes entre si, um afundamento momentâneo de tensão (AMT) lesiona, de forma nociva, principalmente essas indústrias. Um AMT é definido como o evento em que o valor eficaz da tensão é superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 pu da tensão nominal, com duração superior ou igual a um ciclo (16,67 ms) e inferior ou igual a 3 (três) segundos. A seguir a forma de onda de

um AMT: [17]

Figura 2 - Forma de Onda AMT



Fonte: [17]

A título ilustrativo, a tabela 1 mostra qual é a faixa de tensão ideal para a tensão nominal que chega da concessionária para o frigorífico.

Tabela 1 - Pontos de entrega “Tensão nominal superior a 1KV e inferior a 96KV”.

Classificação da tensão de atendimento(TA)	Faixa de variação da tensão de leitura(LT) em relação a tensão contratada(TC)
Adequada	$0,93 \text{ TC} \leq \text{TL} \leq 1,05 \text{ TC}$
Precária	$0,90 \text{ TC} \leq \text{TL} < 0,93 \text{ TC}$
Crítica	$\text{TL} < 0,90 \text{ TC}$ ou $\text{TL} > 1,05 \text{ TC}$

Fonte: ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) [7].

3.2.2 Atenuação no rendimento da capacidade de transformadores

A atenuação no rendimento da capacidade de transformadores ocorre graças à sobrecarga no sistema. Os transformadores são projetados para operarem com alto rendimento. O rendimento é a diferença entre a potência de entrada e de saída. Considerando que a tensão na carga é fixada constante e as perdas no núcleo praticamente não variam com o carregamento, pode-se concluir que o rendimento depende da corrente exigida pela carga (I_2) e do fator de potência da carga ($\cos \Phi$) conforme demonstrado na equação (10): [18].

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} = \frac{V_2 I_2 \cos \theta_2}{V_2 I_2 \cos \theta_2 + P_C + I_2^2 R_{eq,2}} \quad (10)$$

Onde:

η é o rendimento;

$P_{saída}$ é a Potência na saída do transformador;

$P_{entrada}$ é a Potência na entrada do transformador;

V_2 é a tensão na carga;

I_2 é a variação da corrente de carga;

P_C é a Potência na carga;

$R_{eq,2}$ é a Resistência equivalente; [19].

Pode-se concluir que o rendimento máximo ocorre quando a derivada do rendimento em relação ao fator de potência for igual a zero, ou seja:

$$\frac{d\eta}{d\theta_2} = 0 \quad (11)$$

Temos que:

$$\frac{d\eta}{d\theta_2} = \frac{-V_2 I_2 \sin\theta_2 (V_2 I_2 \cos\theta_2 + P_C + I_2^2 R_{eq,2}) - V_2 I_2 \cos\theta_2 (-V_2 I_2 \sin\theta_2)}{(V_2 I_2 \cos\theta_2 + P_C + I_2^2 R_{eq,2})^2} \quad (12)$$

Simplificando a expressão anterior, temos que:

$$0 = V_2 I_2 (P_C + I_2^2 R_{eq,2}) \sin\theta_2 \quad (13)$$

Ou seja, para que essa equação seja verdadeira, isso significa que:

$$\sin\theta_2 = 0 \quad (14)$$

Ou:

$$\theta_2 = 0 \rightarrow \text{sen}\theta_2 = 1 \quad (15)$$

Portanto, o rendimento máximo ocorre para quando o fator de potência da carga ($\cos\theta_2$) é unitário. [20].

Logo, o transformador a ser instalado deve atender à potência ativa total dos equipamentos utilizados, porém, graças à existência de potência reativa, sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações, se a potência reativa estiver excessiva causará assim uma sobrecarga de energia inutilizada no sistema. A Tabela 1 mostra a potência total que deve ter o transformador, para satisfazer uma carga útil de 800 kW para fatores de potência crescentes. [21].

Tabela 2 - Variação da potência do trafo em função do fator de potência

POTÊNCIA ÚTIL ABSORVIDA EM KW	FATOR DE POTÊNCIA	POTÊNCIA DO TRAFO EM KVA
800	0,50	1.600
	0,80	1.000
	1,00	800

Fonte: [21]

3.2.3 Custo na conta da fatura de energia

Como visto em tópicos acima, as máquinas elétricas funcionam mediante campos elétricos e magnéticos. Equipamentos que utilizam energia magnética, que são equipamentos indutivos, precisam da energia reativa para o “start” e na operação de forma contínua da mesma. Essa energia não produz trabalho útil, sua única funcionalidade é essa de iniciar a máquina que funciona por indução, porém independente disso as indústrias pagam por toda a energia, ativa e reativa.

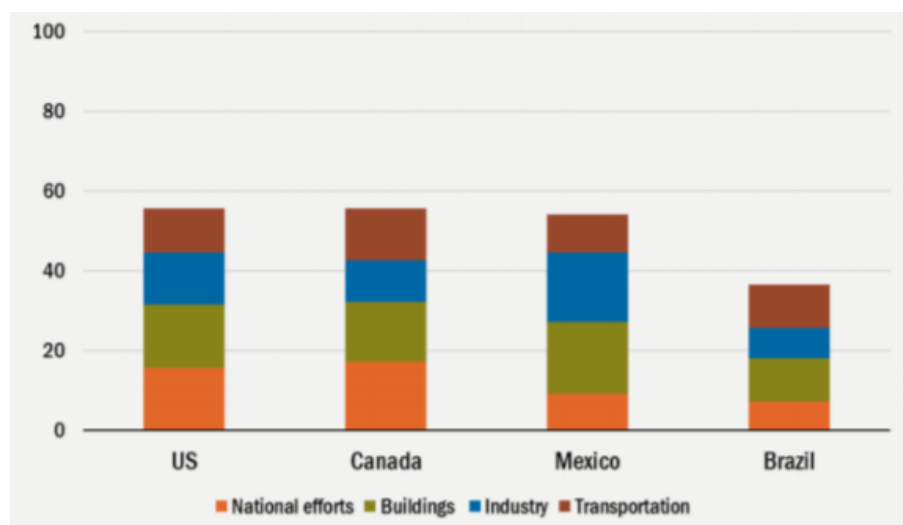
Para a concessionária, não é interessante esse excesso de energia dispensável circulando na rede, estabelecendo um valor mínimo de fator de potência, e quando não é alcançado cobra-

se o reativo excedente em forma de multa. Portanto, para suavizar essa realidade, a correção do fator de potência, além de compensar o excedente, permite capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou a substituição de condutores para esse fim específico.[11].

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o setor industrial consome 35% da energia elétrica do país. Soma-se a isso que os motores elétricos são os grandes vilões das contas de energia da indústria, tomando 70% de todo o consumo, de acordo com estudo da Eletrobras/Procel. [22].

Em 2016, o Conselho Americano para uma Economia Energeticamente Eficiente (ACEEE para a sigla em inglês), analisou as políticas e o desempenho dos 23 países que mais consomem energia em quatro tópicos principais: esforços nacionais (governo); edificações; indústria e transporte – o país foi o 22º da lista. Na figura 3 é possível comparar o Brasil com outros países da América em termos de eficiência energética industrial. [41].

Figura 3 – Eficiência energética industrial em 2018

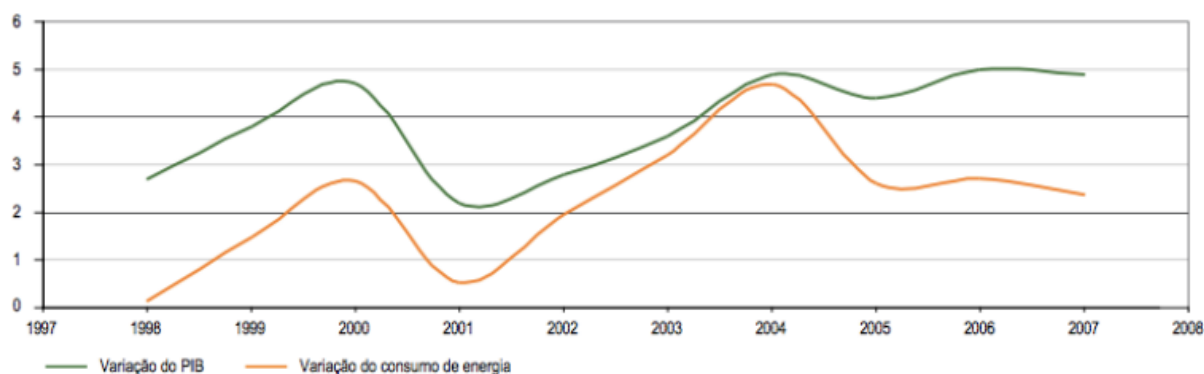


Fonte: [42]

Ao proporcionar o crescimento tecnológico e econômico o consumo da energia elétrica passa a ser também um dos principais parâmetros de indicação do crescimento da economia. Visto que com maior poder econômico mais equipamentos elétricos podem ser adquiridos, o que resultará num maior consumo de energia elétrica, sejam nas classes industrial, comercial ou residencial. [43].

Na Figura 4 pode-se verificar como o crescimento econômico e o consumo de energia são correlacionados, nela estão representadas em percentual a variação do PIB e consumo de energia mundial para o período de 1998 a 2007. Percebe-se que a variação dos dois indicadores possuem uma correlação, uma vez que, conforme é a inclinação da curva de variação do PIB, a variação no consumo de energia segue com um comportamento semelhante. [43].

Figura 4 – Variação do PIB e variação do consumo de energia



Fonte: [44]

3.2.4 Desgaste prematuro dos equipamentos elétricos

Como já dito anteriormente, a tensão varia com o baixo fator de potência, e tensão variante em um tempo causa danos muitas vezes permanente em equipamentos elétricos, devido à baixa qualidade de energia indo para as cargas.

3.3 Regulamentação e legislação

Conforme a Resolução 414/2010 da ANEEL, é estabelecido na distribuição o limite mínimo de 0,92 para o fator de potência de referência para unidades consumidoras do grupo A, ou seja, aqueles que irão receber energia de média e alta tensão (no caso, de 11,9 kV até 138 kV). Quando esse indicador fica abaixo de 0,92, é cobrada a utilização de energia e demanda de potência reativa na fatura de energia elétrica como “Consumo de Energia Reativa Excedente e Demanda Reativa Excedente”. [23]

Nos tópicos acima foram mostrados alguns dos motivos que a legislação exige esse fator

de potência mínimo. Portanto, a fim de combater o desperdício no Brasil, as distribuidoras de energia elétrica são amparadas legalmente para cobrar multa das indústrias que operam com baixo fator de potência. A cobrança da multa sobre a energia com baixo fator de potência é feita mensalmente na conta de energia. Quanto menor a porcentagem, maior é o consumo de energia reativa no sistema. [24].

3.3.1 Demanda, Tarifação e Energia Excedente

Na conta de energia elétrica dos consumidores de portes médio e grande é cobrado tanto pela energia quanto pela potência. A potência aparece nas contas desses consumidores com o nome de Demanda, que corresponde à potência média verificada em intervalos de 15 minutos. O horário de ponta é o período de 3 (três) horas consecutivas, exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica tem preços mais elevados. O horário fora de ponta corresponde às demais 21 horas do dia.[25].

Na tabela abaixo mostra a divisão dos grupos de acordo com a tensão de atendimento.

Tabela 3 – Subdivisão de grupos de acordo com a tensão

Subgrupos	Tensão de Fornecimento
A1	≥ 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Subterrâneo

Fonte: [25]

Nesse caso se estudará o grupo A4, na tarifação horo-sazonal verde. Na modalidade de tarifa verde cobra-se uma única demanda que corresponde ao maior valor entre a contratada e a medida, independente do posto horário. Embora não seja explícita, a Resolução 456 permite

que sejam contratados dois valores diferentes de demanda, um para o período seco e outro para o período úmido:

- O Período seco: compreende os sete meses de maio a novembro, período onde há menor incidência de chuvas. A tarifa no período seco é mais alta que no período úmido devido ao maior custo da produção de energia elétrica, uma vez que os reservatórios das hidrelétricas estão com uma menor quantidade de água.
- Período úmido: compreende os cinco meses de dezembro a abril, período onde há maior incidência de chuvas. [26].

Entre 00:00 hora e 06:00 horas serão verificados a cada uma hora e registrados os valores de fator de potência capacitivo, sendo que, no período complementar, o registro será do fator de potência indutivo, ambos inferiores ao estabelecido pelas normas vigentes. [25].

Os consumidores do Grupo A são cobrados da mesma forma pela energia ativa e reativa, apenas mudam as medições e os nomes. Na tarifa Verde, pagam o consumo de energia reativa na ponta e fora de ponta (UFER P e UFER FP):

- Horário de ponta: é o período de 3 horas consecutivas diárias, exceto sábados, domingos e feriados nacionais. Geralmente este período ocorre entre 18 e 21 horas, no entanto, o início do horário de ponta é adotado por distribuidora, segundo as características de seu sistema elétrico. Dependendo da modalidade tarifária, nesse horário a demanda e o consumo de energia podem ter preços diferenciados, geralmente um valor acima do horário fora de ponta, já que nesse horário ocorre o maior consumo de energia elétrica.
- Horário fora de ponta: equivale às demais 21 horas dos dias úteis e às 24 horas dos sábados, domingos e feriados.[27].

A ultrapassagem de energia reativa é definida multiplicando o acréscimo pela Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento, como mostra a equação (16): [25].

$$\text{UFER} = (\text{Acréscimo}) * \text{TCA} \quad (76)$$

Onde:

UFER: Energia Reativa Excedente

TCA: Tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento;

O acréscimo por sua vez é calculado da seguinte forma:

$$\text{Acréscimo} = \left(CA * \left(\frac{fr}{fpm} \right) - 1 \right) \quad (87)$$

Onde:

CA: Consumo de energia ativa medida durante o período de faturamento;

Fr: Fator de potência de referência igual a 0,92;

Fpm: Fator de potência indutivo médio das instalações elétricas da unidade consumidora, calculado para o período de faturamento;

O valor do fator de potência do período de faturamento é calculado pela equação (18):

$$fpm = \frac{(CA)}{\sqrt{(CA)^2 + (CR)^2}} \quad (98)$$

Onde:

CR é o consumo de energia reativa medida durante o período de faturamento. [28].

Supondo que o fator de potência de uma empresa seja 0,80, o valor do acréscimo da multa na conta de energia será: [29].

$$\text{Acréscimo} = \text{valor da fatura} \times \left(\frac{0,92}{0,8} - 1 \right) \quad (109)$$

$$\text{Acréscimo} = \text{valor da fatura} \times 0,15 \quad (20)$$

Ou seja, o valor da multa será 15% sobre o valor da conta de energia elétrica.

3.4 Benefícios da correção de fator de potência

Procurando a redução dos custos e a utilização mais eficiente da instalação elétrica, os consumidores industriais buscam a correção do fator de potência, também denominada compensação de energia reativa ou de reativos, geralmente acima do limite estabelecido pela legislação vigente. É fundamental ser destacada aqui a importância da melhoria do fator de potência, tanto para a concessionária quanto para o cliente final. A seguir, os benefícios desta correção: [30].

- As variações de tensão diminuem;
- Os condutores tornam-se menos aquecidos;
- As perdas de energia são reduzidas;
- A capacidade de transformadores alcança melhor aproveitamento;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Utilização racional da energia consumida;
- Fim da cobrança do consumo de energia reativa excedente, cobrado na conta de energia.
- Atua diretamente em benefícios ambientais, tendo uma redução significativa no desperdício de energia. Como, por exemplo, a redução no consumo de energia pode melhorar o nível dos reservatórios de água das hidrelétricas e consequentemente criar uma menor necessidade de grandes vazões de água das barragens, podendo essa água ficar estocada para os períodos de maior estiagem.[31].

3.5 Correção de fator de potência por Banco de Capacitores em indústria

A escolha do melhor método para se efetuar com sucesso o aumento do fator de potência depende de quais dos fatores apontados aqui como causa são encontrados pelos especialistas

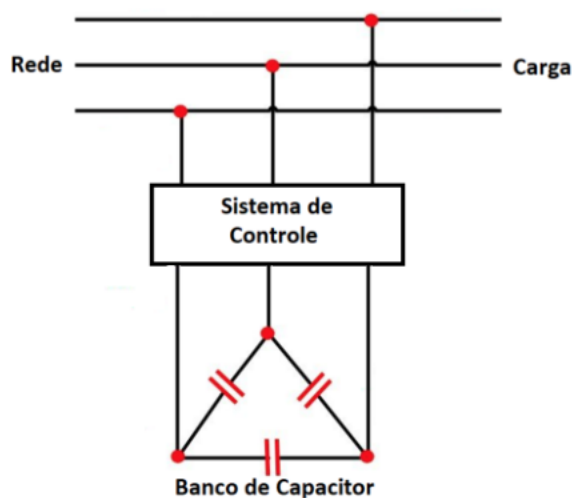
que fizeram a inspeção da instalação, causando as perturbações na qualidade de energia da empresa.

Em alguns casos, apenas medidas simples são o bastante, como a troca de lâmpadas e a reorganização da produção. Em outros, os tipos de máquinas e motores utilizados exigirão medidas próprias para a correção. Entre essas medidas estão: [24].

- Troca de reatores eletrônicos que alimentam as lâmpadas fluorescentes.
- Otimização de práticas e processos industriais.
- Desligar motores em vazio e redimensionar equipamentos superdimensionados.
- Aquisição de novos equipamentos para aperfeiçoar o consumo energético.
- Filtros/Bancos de correção do fator de potência.
- Motores síncronos em paralelo com a carga, cuja excitação pode eliminar a geração de carga reativa.
- Banco de Capacitores que ajudam a circulação de energia reativa ficar limitada a estes equipamentos, ou seja, a energia reativa passa a ser fornecida pelos capacitores, liberando parte da capacidade do sistema elétrico e das instalações da unidade consumidora.

A instalação de bancos de capacitores é uma das soluções mais utilizadas e indicadas a grandes indústrias e será a solução aplicada neste projeto. Isso porque a troca de equipamentos ou motores com baixo fator pode ser muito mais complexa e custosa do que instalar um Banco de Capacitores. Abaixo uma ilustração de como é ligado um banco de capacitor na rede elétrica. [14].

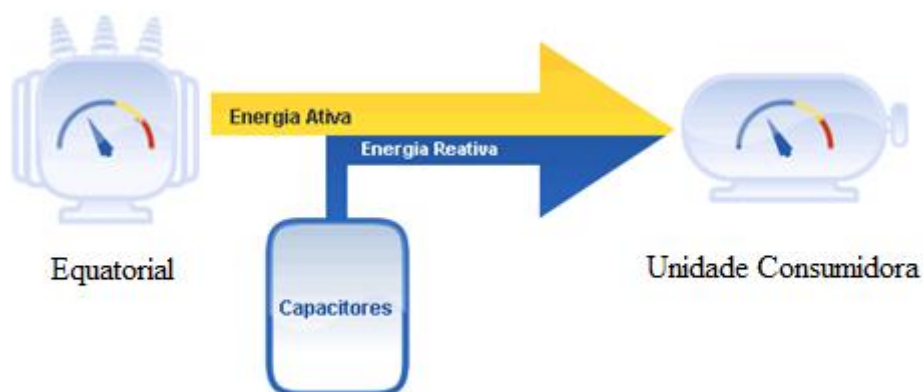
Figura 5 - Banco de capacitor ligado na rede elétrica



Fonte:[32]

Os capacitores são equipamentos capazes de armazenar a energia reativa e fornecer aos equipamentos a energia necessária ao seu funcionamento. Como a concessionária que entrega essa energia reativa, cobra, em forma de multa, o baixo fator de potência decorrente do mau aproveitamento da energia elétrica, o Banco de Capacitores age corrigindo o fator de potência, e a energia reativa é normalizada aos níveis exigidos pelos padrões de qualidade. Dessa forma, como já se mencionou, melhor seria que no próprio prédio industrial fosse instalada a fonte geradora desta energia, aliviando os sistemas de transmissão e de distribuição que poderiam, desta maneira, transportar mais energia que efetivamente resultasse em trabalho, como apresentado na figura 6. [28].

Figura 6 - Circulação de energia reativa entre unidade e concessionária.



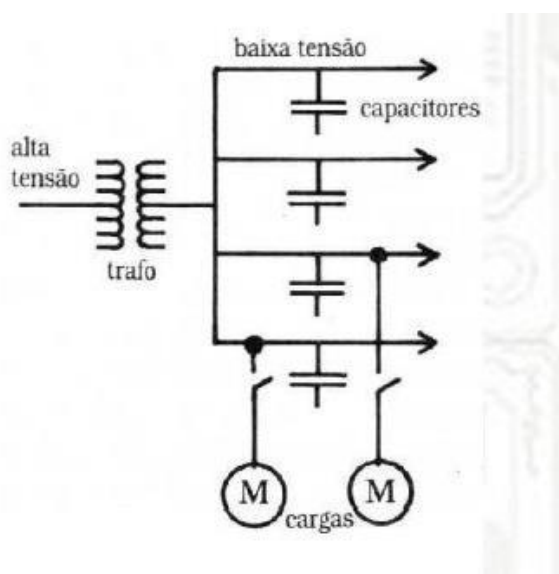
Fonte:[33]

Existem várias alternativas de compensação para instalação de capacitores em uma unidade consumidora, variando em vantagens e desvantagens, e a escolha da mesma depende de cada instalação. Entre algumas delas estão:

- Compensação Individual;
- Compensação Por Grupos De Cargas;
- Compensação Geral;
- Compensação na entrada da energia em alta tensão;
- Compensação Automática;
- Compensação Combinada;

No caso, a técnica utilizada neste trabalho será a Compensação por Grupos de Cargas. Nessa compensação, o Banco de Capacitores é instalado para compensar um setor. Será colocado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. A potência necessária será menor que no caso da compensação individual, o que torna a instalação mais econômica. Tem como desvantagem o fato de não haver diminuição de corrente nos alimentadores de cada equipamento compensado. [14].

Figura 7 - Compensação de energia reativa por grupos de cargas.



Fonte:[34]

Assim como técnicas de compensação, também existem 3 tipos mais comuns de Banco de Capacitores:

- Banco de Capacitores fixos;
- Banco de Capacitores programáveis;
- Bancos de capacitores automáticos;

O Banco de Capacitores automáticos é designado para controlar automaticamente o fator de potência do setor em que será instalado para a compensação. Ao longo do dia a variação frequente de cargas capacitivas precisam ser constantemente monitoradas para ser realizada a correção em todos os níveis de demanda das cargas indutivas. A comutação dos módulos dos bancos é controlada por um equipamento conhecido como controlador automático de fator de potência, que possui estágios que devem ser determinados com o dimensionamento necessário de cada implementação.

Composto por um conjunto de várias células capacitivas e o controlador de fator de potência, que ficará responsável por determinar quando a atuação do banco será necessária, utilizando um microprocessador que fará a leitura constante por um transformador de corrente que lê dos níveis de tensão e corrente entre fases do sistema e por meio dos valores obtidos provenientes da rede elétrica, o microprocessador calcula as potências ativa, aparente e reativa, determinando o fator de potência da instalação e corrigindo-o instantaneamente para o valor

pré-estabelecido. [30].

O Transformador de Corrente é instalado de forma que tanto a carga quanto o próprio banco fiquem à jusante, pois ele precisa tanto ler a carga como também o Banco de Capacitores. O TC lerá somente uma das fases, pois as cargas significativas dessa indústria são na grande maioria trifásicas, o que balanceia o fator de potência entre as três fases. As saídas do TC ligam os contadores e esses por sua vez ligam os capacitores. A alimentação do capacitor responsável pela correção do transformador será originada de um ponto à montante do TC.[35].

Os contadores dedicados ao acionamento de capacitores tem contatos adicionais, ligados em série com condutores resistivos para realizarem uma pré-carga nos capacitores. Ao energizar um capacitor ocorre um fenômeno chamado de corrente de inrush, que dura por um período curto, mas que chegam a cem vezes a corrente nominal do capacitor. Os contatos adicionais fecham um pouco antes dos contatos principais quando o contator é atracado e assim eles acabam carregando parcialmente o capacitor e atenuam assim o pico de corrente.[35].

Existem também proteções individuais para caso um capacitor for exposto a um surto de tensão e fechar curto, a proteção individual desarma e o restante do banco continua funcionando normalmente, caso contrário se um capacitor fechar curto o disjuntor geral vai desarmar causando a inatividade do banco todo. Os capacitores são localizados na parte debaixo do painel na vertical para evitar problemas com vazamentos no invólucro.

Outro equipamento que pode ser instalado no Banco de Capacitores é um filtro de dessintonia que funciona como um filtro passa baixa que protege os capacitores de ruídos harmônicos. É um indutor ligado em série com a alimentação dos capacitores e atenua frequências acima da fundamental, pois os capacitores não toleram tensões acima das quais eles foram projetados e as distorções harmônicas distorcem a tensão que prejudicam os capacitores.[36].

4 PROPOSTA DE MELHORIA

A concepção desse trabalho se deu tendo em vista a necessidade da Correção do Fator de Potência em uma indústria alimentícia no interior de Goiás, que por decorrência tem significância na Graduação de Engenharia Elétrica. Este Capítulo aborda as análises feitas para verificar a necessidade de correção e para fundamentar as propostas de dimensionamento do Banco Automático de Capacitores. Esse trabalho foi possível diante de pesquisas a livros de Engenharia Elétrica, em buscas pela internet e em artigos associados ao tema, desenvolvidos por outros alunos e pertinentes à proposta em questão.

A demanda da instalação do Banco de Capacitores se deu devido à notificação da concessionária da multa que estava sendo cobrada havia anos graças ao baixo fator de potência e que recentemente vêm crescendo. Em decorrência disso, foi interesse do frigorífico a instância da compra e instalação do banco e do controlador automático de fator de potência para revisão do excedente reativo no setor e consequentemente a redução na multa total da conta de energia.

4.1 Análise das faturas de energia.

Nessa etapa do projeto, foram estudadas as contas de energia elétrica da empresa, comparando os últimos 7 anos, período em que a multa está vigente. Conhecendo o valores relevantes para esse trabalho que são os valores das energias reativas excedentes, suas respectivas multas, consumo de potência ativa em ponta e fora de ponta e a demanda total que é a potência necessária para atender todas as cargas da unidade consumidora em um determinado período, e como mencionado, a conta de energia elétrica dos consumidores de tarifa verde é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela) de demanda. Como se pode analisar abaixo, a demanda tem sempre a mesma quantidade calculada devido à classificação da bandeira da tarifa. O período analisado foi de dois mil e dezesseis a dois mil e vinte e três, conforme tabelas 3,4,5,6,7,8, 9 e 10.

Tabela 4 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2016.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
-------	-------------------	---------------------	----------------------	-------------

Energia Ativa P	kWh	32294,88	1,753090	56.615,83
Energia Ativa FP	kWh	361296,00	0,483060	174.527,64
Demanda	kW	2700,00	15,541410	41.961,80
UFER P	kVArh	1075,68	0,371150	399,23
UFER FP	kVArh	7920,00	0,371150	2.939,50
TOTAL FATURADO				276.444,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 5 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2017.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	67709,60	0,453680	30.718,49
Energia Ativa FP	kWh	870044,00	0,063760	55.474,00
Demanda	kW	2700,00	5,658340	15.277,51
UFER P	kVArh	1452,36	0,229220	332,90
UFER FP	kVArh	11256,00	0,229220	2.580,10
TOTAL FATURADO				104.383,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 6 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2018.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	128323,16	0,478520	61.403,91
Energia Ativa FP	kWh	1052072,00	0,038220	40.210,19
Demanda	kW	2700,00	7,110310	19.197,83
UFER P	kVArh	2095,52	0,283760	594,62
UFER FP	kVArh	14532,00	0,283760	4.123,60
TOTAL FATURADO				125.530,15

Fonte: Próprio autor

Tabela 7 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2019.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	135701,00	0,646560	87.738,83
Energia Ativa FP	kWh	1140407,00	0,081060	92.441,39
Demanda	kW	2801,19	9,187010	25.734,60
UFER P	kVArh	2878,82	0,310740	894,56
UFER FP	kVArh	21633,05	0,310740	6.722,25
TOTAL FATURADO				213.531,63

Fonte: Próprio autor

Tabela 8 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2020.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	143906,00	0,674670	97.089,06
Energia Ativa FP	kWh	1152032,00	0,086750	99.938,77
Demanda	kW	2700,00	9,529760	25.730,35
UFER P	kVArh	2686,88	0,267870	719,73
UFER FP	kVArh	21672,00	0,267870	5.805,27
TOTAL FATURADO				229.283,18

Fonte: Próprio autor

Tabela 9 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2021.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	138061,00	0,725180	100.119,07
Energia Ativa FP	kWh	1066688,00	0,086900	92.695,18
Demanda	kW	2700,00	11,038580	29.804,16
UFER P	kVArh	4354,00	0,254980	1.110,18
UFER FP	kVArh	23072,00	0,254980	5.882,89
TOTAL FATURADO				229.611,48

Fonte: Próprio autor

Tabela 10 – Descrição do faturamento de energia de Julho de 2022.

Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	117026,84	0,793180	92.823,34
Energia Ativa FP	kWh	928844,00	0,100070	92.949,41
Demanda	kW	2700,00	11,672890	31.516,80
UFER P	kVArh	3421,04	0,314300	1.075,23
UFER FP	kVArh	19684,00	0,314300	6.186,68
TOTAL FATURADO				224.551,45

Fonte: Próprio autor

Tabela 11 – Descrição do faturamento de energia de Abril de 2023.

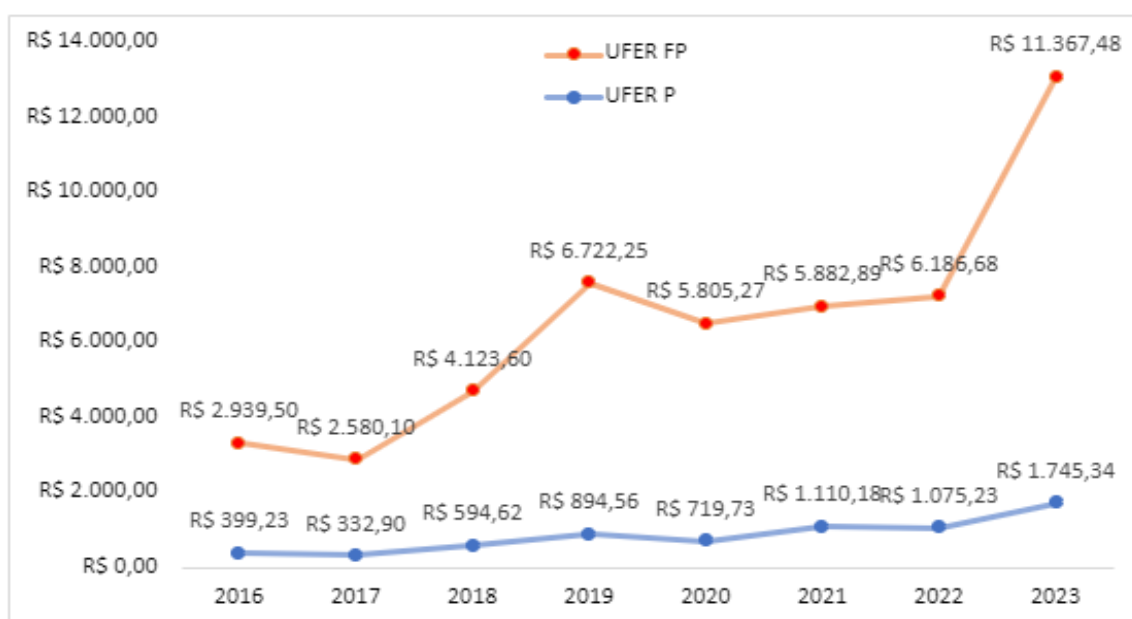
Itens	Unidade de medida	Quantidade faturada	Preço unitário (R\$)	Total (R\$)
Energia Ativa P	kWh	152843,60	0,858650	131.239,15
Energia Ativa FP	kWh	1293740,00	0,148330	191.900,45
Demanda	kW	2700,00	12,211110	32.969,99
UFER P	kVArh	5722,08	0,305020	1.745,34
UFER FP	kVArh	37268,00	0,305020	11.367,48
TOTAL FATURADO				369.222,41

Fonte: Próprio autor

Os valores foram todos colhidos durante o período de seco do ano, onde há menor ocorrência de chuvas e maior tarifação. No Anexo A consta informações importantes da fatura de energia de abril mostrada na Tabela 11.

Utilizando as informações mais pertinentes a esse projeto, o UFER, foi feito um gráfico para facilitar a análise da multa ao longo dos anos.

Figura 8 – Multa UFER de julho de 2016 à abril de 2023



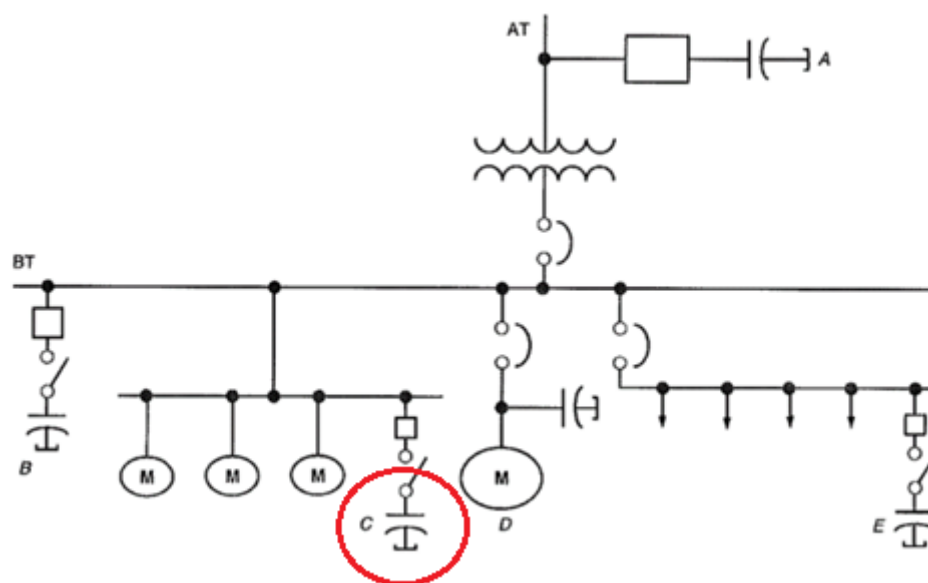
Fonte: Próprio autor

Horários Fora de Ponta são proporcionalmente os que gastam mais, pois ocupam aproximadamente 87,5% das 24 horas do dia.

4.2 Localização dos bancos de capacitores.

O Banco de Capacitores que será inserido se localiza em um dos setores da empresa, mais especificamente próximo da subestação da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), pois é nessa parte da empresa que se dispõe o foco desse trabalho e onde será compensado o reativo exigido pelas máquinas em operação da linha. Esse setor é responsável por tratar os efluentes gerados pelo frigorífico, reduzindo os impactos ambientais com a intenção de garantir que os efluentes voltem à natureza e se decomponham sem contaminar o solo ou lençóis freáticos. Abaixo, a figura 9 mostra os lugares onde são possíveis e comumente instalados capacitores para efetuar a correção. Onde A é o lado de alta tensão e B o lado de baixa tensão, onde será instalado os capacitores, C sendo o método de compensação por grupos de capacitores mencionados no referencial teórico e que será utilizado na empresa em questão, D em motores individuais e em ramais de alta tensão. [37].

Figura 9 – Representação do local de instalação do Banco de Capacitores



Fonte: [30]

Na figura 10 é mostrado uma foto do local em que poderá ser abrigado o Banco de Capacitores, próximo da subestação da ETE.

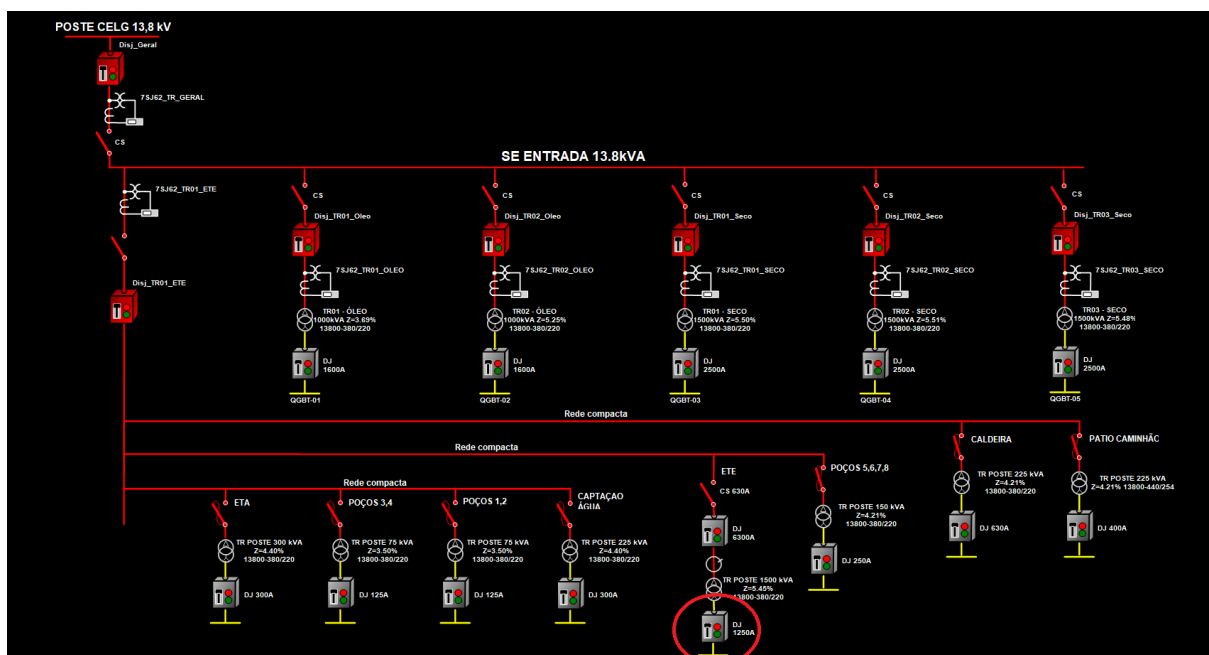
Figura 10 – Local de instalação do Banco de Capacitores



Fonte: Próprio autor

No diagrama unifilar geral abaixo é possível localizar, circulado em vermelho, exatamente para onde o reativo será destinado para compensação, no lado de baixa do transformador, próximo ao disjuntor.

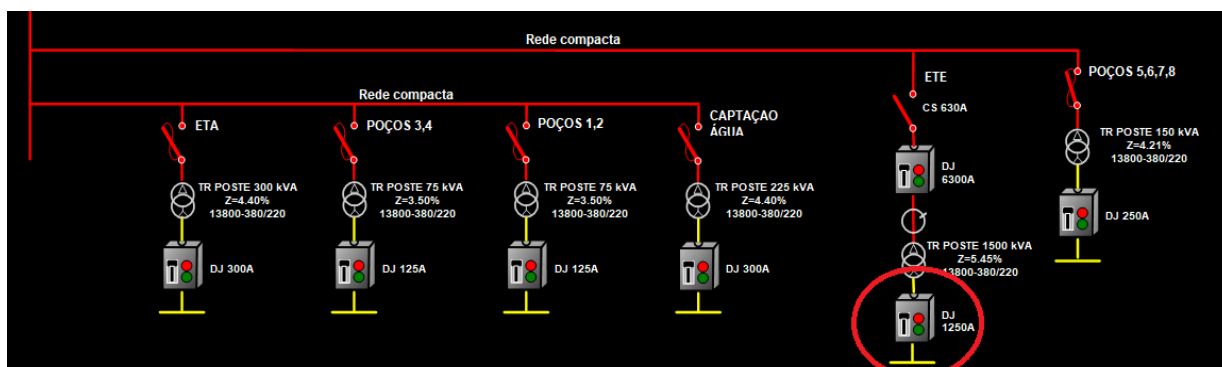
Figura 11 – Diagrama unifilar



Fonte: Próprio autor

Ampliando a imagem, na figura 12, podemos perceber que é nessa ramificação que se localiza um dos maiores transformadores da indústria que é de 1500 kVA, que se encontra no momento sem compensação de reativo.

Figura 12 – Diagrama unifilar ampliado



Fonte: Próprio autor

4.3 Medições

As medições apresentadas neste item são para dimensionamento e para estudo das consequências técnicas e principalmente financeiras provenientes da correção do fator de potência. Os registros foram realizados por meio do Web Energy, um software online da Shneider Electric que faz o Serviço de Monitoramento de Energia Elétrica via internet, 24 horas. A Web Energy faz a gestão, controle e monitoramento da energia na totalidade.[38].

Os dados de fator de potência em ponta e fora de ponta foram coletados durante todo o mês de maio de 2023. Na tabela 12 e no gráfico 2 constam as informações antes da compensação ser realizada que serão necessárias para o cálculo do dimensionamento do Banco de Capacitores. Essas medições foram feitas no quadro geral da fábrica, ou seja, não especificamente do setor em que será corrigido o excedente reativo, mas que também vai impactar na fábrica na totalidade.

Tabela 12 – Medição de fator de potência total da fábrica no mês de Maio de 2023

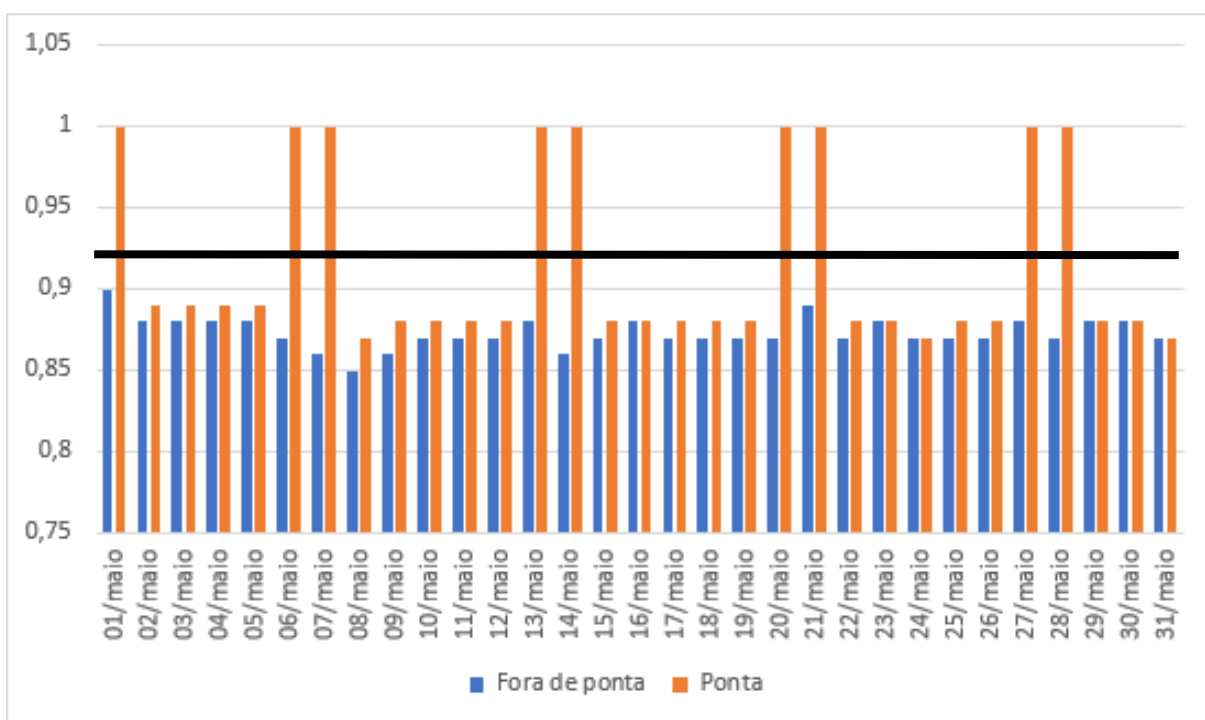
Data	Fora de ponta	Ponta
01/05/2023	0,90 Ind	1
02/05/2023	0,88 Ind	0,89 Ind
03/05/2023	0,88 Ind	0,89 Ind
04/05/2023	0,88 Ind	0,89 Ind
05/05/2023	0,88 Ind	0,89 Ind
06/05/2023	0,87 Ind	1
07/05/2023	0,86 Ind	1
08/05/2023	0,85 Ind	0,87 Ind
09/05/2023	0,86 Ind	0,88 Ind
10/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
11/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
12/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
13/05/2023	0,88 Ind	1
14/05/2023	0,86 Ind	1

15/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
16/05/2023	0,88 Ind	0,88 Ind
17/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
18/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
19/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
20/05/2023	0,87 Ind	1
21/05/2023	0,89 Ind	1
22/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
23/05/2023	0,88 Ind	0,88 Ind
24/05/2023	0,87 Ind	0,87 Ind
25/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
26/05/2023	0,87 Ind	0,88 Ind
27/05/2023	0,88 Ind	1
28/05/2023	0,87 Ind	1
29/05/2023	0,88 Ind	0,88 Ind
30/05/2023	0,88 Ind	0,88 Ind
31/05/2023	0,87 Ind	0,87 Ind

Fonte: Web energy

Como se pode observar no gráfico da figura 13, a linha preta marca o fator de potência ideal que seria o de 0,92 ind aceito pela concessionária para a isenção da multa. Nos finais de semana em que a fábrica não está produzindo no horário de ponta, as máquinas ficam paradas e consequentemente o fator de potência se torna unitário.

Figura 13 – Fator de potência total indutivo no mês de Maio de 2023



Fonte: Próprio autor

Para o dimensionamento do sistema e especificação dos componentes foram também realizadas as medições da corrente e nível de tensão na fase A, potência ativa, reativa e aparente por fase, nível de tensão e corrente na fase A, e fator de potência, presentes na tabela 13. As medições que constam na tabela foram coletadas pelo próprio autor utilizando o supervisório da empresa que mede em tempo real essas grandezas. Vale lembrar que o Fator de Potência é expresso como um valor entre -1 e 1 e pode ser indutivo (negativo) ou capacitivo (positivo). Se o fator de potência for 1, toda a energia fornecida estará sendo usada para trabalho produtivo e isso é chamado de “fator de potência unitário”.

Todos os dados foram colhidos também no mês de maio, especificamente no setor que será destinado o reativo pelo período de duas semanas em horário comercial. E foram escolhidos os menores valores de fator de potência do dia em questão para a análise.

Tabela 13 – Medição de grandezas no setor da ETE

Data	Corrente (A)	Tensão (kV)	Potência Ativa (MW)	Potência Reativa (MVar)	Potência Aparente (MVA)	Fator de Potência
------	-----------------	----------------	---------------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------------

08/05/2023	13,40	14,01	-0,26	-0,17	0,31	-0,83
09/05/2023	17,90	14,06	-0,36	-0,22	0,433	-0,83
10/05/2023	12,90	14,16	-0,26	-0,18	0,32	-0,82
11/05/2023	16,40	13,94	-0,33	-0,20	0,39	-0,84
12/05/2023	20,90	13,86	-0,39	-0,29	0,49	-0,79
15/05/2023	18,90	13,89	-0,39	-0,24	0,46	-0,84
16/05/2023	15,90	13,96	-0,33	-0,20	0,39	-0,84
17/05/2023	18,90	14,03	-0,35	-0,28	0,45	-0,78
18/05/2023	19,40	13,99	-0,32	-0,33	0,47	-0,69
19/05/2023	16,90	14,03	-0,29	-0,28	0,41	-0,71

Fonte: Próprio autor

No Anexo B é possível analisar o comportamento por gráfico do Fator de Potência, Potência ativa, reativa e aparente, corrente nominal e Tensão nominal no transformador da ETE no dia 12 do mês de maio de 2023.

4.4 Dimensionamento do Banco de Capacitores

Escolhendo o menor fator de potência presente na tabela 13 que é 0,69 e determinando o FP desejado como sendo 0,92 indutivo, lembrando que se está dimensionando apenas um setor da empresa e visando uma melhoria na conta de energia geral da indústria. Consequentemente o maior valor de potência ativa registrado no setor durante o período de coleta que é 0,39 kW, é no mesmo dia do menor fator de potência. Aplicando a potência ativa em kilowatts e utilizando a Eq. (4) mostrada anteriormente é possível chegar à seguinte equação para o cálculo da correção do fator de potência:

$$|S_{novo}| = \frac{320}{0,92} \quad (21)$$

Portanto, o novo valor de potência aparente será aproximadamente 347,83 kVA. Utilizando a Eq. (3) para descobrir a potência reativa.

$$|Q_{novo}| = \sqrt{S_{novo}^2 - P^2} \quad (22)$$

$$|Q_{novo}| = \sqrt{347,83^2 - 320^2} \quad (23)$$

O valor da nova potência reativa será aproximadamente 136,32 kVAr. Subtraindo o valor inicial da tabela 13, que é 330 kVAr, pelo novo, se encontra o valor em módulo desejado de potência reativa para o banco de capacitores.

$$|Q_b| = 330 - 136,32 \approx 193,68 \text{ kVAr} \quad (24)$$

Para encontrar a capacitância é possível usando a equação (25) abaixo:

$$C = \frac{Q_b}{2\pi f(V)^2} \quad (25)$$

$$C = \frac{193,68 * 10^3}{2 * 3,1415 * 60 * (13,86 * 10^3)^2} \quad (26)$$

Portanto, o valor da capacitância dos capacitores será de aproximadamente 2,67 uF. Utilizando a equação (27) podemos calcular a corrente nos capacitores.

$$Q = \sqrt{3} \times V * I * \text{sen } \Phi \quad (27)$$

$$|I_{cap}| = \frac{Q}{\sqrt{3} * V} \quad (28)$$

$$|I_{cap}| = \frac{193,68 * 10^3}{\sqrt{3} * 13,86 * 10^3} \quad (29)$$

A corrente no capacitor será de aproximadamente 8,07 A, portanto segundo a WEG, é recomendado se multiplicar a corrente nominal por um coeficiente para o dimensionamento da chave do disjuntor, do fusível e do contador:

$$I_{chave} \geq 1,65 * I_{cap} \quad (30)$$

$$I_{fusível} = 1,65 * I_{cap} \quad (31)$$

$$I_{contador} = 1,35 * I_{cap} \quad (32)$$

A corrente na chave, no fusível e no contador serão respectivamente: 13,31 A e 10,89 A.

4.5 Especificações dos materiais

Utilizando o Anexo C que traz a linha de produtos UCWT HD da WEG e combinando com os resultados calculados de capacitância, é possível escolher o fusível e a Unidade Capacitiva Trifásica mais recomendável para o caso exemplificado, demonstrados na tabela 15.

Na tabela 14 é possível escolher o valor da potência do capacitor que será responsável pelo transformador de 1500 kVA do setor escolhido.

Tabela 14 – Potência típica de capacitores de transformadores.

Trafo	15 kVA	30 kVA	45 kVA	75 kVA	112,5 kVA	150 kVA	225 kVA	300 kVA	500 kVA	750 kVA	1000 kVA	1500 kVA
Capacitor	0,8 kVAr*	1,4 kVAr*	1,8 kVAr*	2,5 kVAr	3,5 kVAr	4 kVAr	5 kVAr	7,5 kVAr	7,5 kVAr	10 kVAr	12,5 kVAr	15 kVAr

Fonte: [39].

A tabela 15 abaixo indica a potência reativa total do banco para poder compensar todo o setor do ramo escolhido, a quantidade de estágios ideal, potência reativa de cada estágio, tensão, frequência, tipo de fusível e contador recomendado pela fabricante WEG.

Tabela 15 - Lista de especificações

Nome	Especificações
Potência total do Banco	193,68 kVAr
Quantidade de estágios	12 estágios
Potência trifásica de cada estágio	15 kVAr
Tensão Nominal	380 V
Frequência	60 Hz
Fusível	FNH00-20K-A
Contator	CWBC18

Fonte: Próprio autor.

O disjuntor ideal seria um disjuntor magnético tripolar de curvas de disparo ou desarme C indicados para cargas de média corrente de partida, como motores elétricos, lâmpadas fluorescentes e máquinas de lavar roupas.[38].

Abaixo as figuras 14 e 15 são ilustrações das células do Banco de Capacitores e do controlador de Fator de Potência.

Figura 14 – Representação das Células Capacitivas



Fonte:[27]

Figura 15 - Representação do Controlador de fator de potência



Fonte: [40]

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

Esse Trabalho de Conclusão de Curso além de objetivar a melhoria energética e econômica de uma fábrica alimentícia, visa ser uma ferramenta para um melhor entendimento de Correção de Fator de Potência em indústrias.

A maioria dos equipamentos presentes na fábrica em questão fazem uso de motores elétricos para seu funcionamento, que são indutivos e utilizam transformadores que regulam a tensão para os níveis apropriados para o consumo de qualidade. Os transformadores possuem enrolamentos e bobinas que operam com energia reativa.

Essa energia reativa proveniente das cargas indutivas exerce um processo de magnetização que gera uma corrente no sentido contrário, a corrente reativa. Essa corrente volta para a rede da concessionária e pode sobrecarregar os cabos e transformadores. Por isso, para alguns tipos de consumidores a ANEEL permite que a concessionária cobre o excesso de reativo como forma de multa na conta de energia. Dito isto, é fácil perceber durante o desenvolvimento desse trabalho que manter o fator de potência próximo ao valor unitário, gera uma série de benefícios energéticos, ambientais e financeiros.

Durante o desenvolvimento da proposta foi primeiramente analisado as contas de energia para ser possível detectar os reais impactos financeiros sofridos pela empresa e no tópico seguinte detalhado o local da possível instalação do Banco de Capacitores utilizando um diagrama unifilar da unidade consumidora. Após a especificação do local foram realizadas as medições do fator de potência da unidade por meio do Web Energy e coletados do supervisório o valor específico das grandezas no setor da ETE.

Utilizando essas medições foi possível realizar o dimensionamento do banco, por meio de equações e definido então a melhor escolha comercialmente para os materiais.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, pode-se citar:

- Estudo dos harmônicos gerados na rede e como impactam no sistema.
- Sugestão de outra proposta de melhoria que compense o fator de potência de toda a empresa, sanando assim por completo o problema com multas.

REFERÊNCIAS

- [1] SILVA, Marcos César Isoni. **Correção do fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - UFMG, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: < <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/129M.PDF> > Acesso em: 12 de maio de 2023.
- [2] Engerey. **Banco de Capacitores é a aposta certa para indústria reduzir o consumo de energia, combater o desperdício e se livrar das pesadas multas**. Curitiba, 2021. Disponível em: < <https://www.engerey.com.br/blog/banco-de-capacitores-e-a-aposta-certa-para-industria-reduzir-o-consumo-de-energia-combater-o-desperdicio-e-se-livrar-das-pesadas-multas> > Acesso em: 24 de maio de 2023.
- [3] FORTI, Matheus Luis. **Estudo de caso da correção de fator de potência industrial**. (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2017. Disponível em: < <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2868/1/MatheusLuisForti.pdf> > 2017. 76 f. TCC > Acesso em: 13 de maio de 2023.
- [4] Dimensional. **Correção de fator de potência**. 2020. Disponível em: < <https://blog.dimensional.com.br/correcao-de-fator-de-potencia/> > Acesso em: 13 de maio de 2023.
- [5] MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002
- [6] ALVES, Pedro. **O que é potência elétrica, formas e características**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: < <https://www.manualdaeletronica.com.br/o-que-e-potencia-eletrica-formulas-e-caracteristicas/> > Acesso em: 13 de maio de 2023.
- [7] Portal da Engenharia. **O que é potência elétrica**. 2019. Disponível em: < <https://portaldaeengenharia.com/instalacao-eletrica/o-que-e-potencia-eletrica/> > Acesso em: 13 de maio de 2023.
- [8] INBRAEP, Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante. **O que é potência Elétrica**. Disponível em: < <https://inbraep.com.br/publicacoes/potencia-eletrica/> > Acesso em: 13 de

maio de 2023.

[9] SANTOS, Kelly Vinente Dos. **Fundamentos de Eletricidade**. 2011. Curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática. CETAM, Centro de Educação Tecnológica do Amazonas. Manaus, 2010. Disponível em: < http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_infor_comun/tec_man_sup/081112_fund_eletr.pdf > Acesso em: 13 de maio de 2023.

[10] CAMPINHO, Matheus. Cubi Energia. **Potência ativa e reativa**. 2021. Disponível em: < <https://www.cubienergia.com/potencia-ativa-e-reativa/> > Acesso em: 24 de maio de 2023.

[11] Engeletrica. **Manual correção fator de potência**. Disponível em: < http://www.engeletrica.com.br/manual_correcao_fatordepotencia.pdf > Acesso em: 13 de maio de 2023.

[12] Alugagera. **O que é potência Ativa, Reativa e Aparente**. 2019. Disponível em: < <https://alugagera.com.br/noticias/potencia-ativa-reativa-aparente> > Acesso em: 24 de maio de 2023.

[13] COTRIM, Ademaro A. M. B. Instalações Elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

[14] SILVA, Alexandre César Rodrigues. **Correção do Fator de Potência em Sistemas Industriais**. 2013. Disponível em: < <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/capitulo-4-2013-2s.pdf> > Acesso em: 15 de maio de 2023.

[15] GUIMARÃES, Pablo. **O que são Harmônicas em Instalações Elétricas**. 2021. Disponível em: < <https://www.pabloguimaraes-professor.com.br/post/o-que-sao-harmonicas-em-instalacoes-eletricas> > Acesso em: 23 de junho de 2023

[16] MATTEDE, Henrique. Mundo da Elétrica. **Conceitos de eletricidade**. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/variacao-na-tensao-da-rede-porque-ocorrer/> > Acesso em: 20 de maio de 2023.

[17] MAIA R. M. **Impacto de Afundamentos de Tensão em uma Indústria Alimentícia**. 2008. 45 p. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/158M.PDF> > Acesso em: 20 de maio de 2023.

[18] USP, Universidade de São Paulo. São Carlos. **Transformador**. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3429400/mod_resource/content/1/SEL0437_Aula07 >

_Trafos.pdf > Acesso em: 24 de maio de 2023.

[19] P. C. Sen. **Principles of Electric Machines and Power Electronics**. John Wiley & Sons, Inc. 2nd. 1997.

[20] USP, Universidade de São Paulo. São Carlos. **Transformador**. Disponível em: < https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3429400/mod_resource/content/1/SEL0437_Aula07_Trafos.pdf > Acesso em: 24 de maio de 2023.

[21] WEG. **Manual para Correção do Fator de Potência**. Disponível em: < <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hea/h8b/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf> > Acesso em: 20 de maio de 2023.

[22] DBTEC. **Banco de capacitores reduz em até 50% a fatura de energia elétrica nas indústrias**. Disponível em: < <https://www.dbtec.com.br/post/banco-de-capacitores-reduz-em-at%C3%A9-50-a-fatura-de-energia-el%C3%A9trica-nas-ind%C3%BAstrias#:~:text=O%20Banco%20de%20Capacitores%20atende,em%20baixo%20fator%20de%20pot%C3%Aancia> > Acesso em: 13 de maio de 2023.

[23] Legisweb. **Resolução Normativa ANEEL Nº 414 DE 09/09/2010**. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=112868> > Acesso em: 20 de maio de 2023.

[24] SIQUEIRA, Cintia de. OMS Engenharia. **Baixo fator de potência**. 2021. Disponível em: < <https://omsengenharia.com.br/blog/baixo-fator-de-potencia/> > Acesso em: 20 de maio de 2023.

[25] PROCEL. **Manual de tarifação da energia elétrica**. Disponível em: < http://www.sef.sc.gov.br/arquivos_portal/assuntos/9/manual_de_tarifacao.pdf > Acesso em: 20 de maio de 2023.

[26] COELHO, Bárbara. **Tarifação da Energia Elétrica**. PUC, Rio de Janeiro. Disponível em: < https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/21780/21780_7.PDF > Acesso em: 30 de maio de 2023

[27] WEG. **Unidade Capacitiva Monofásica**. Disponível em: < <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/> > Acesso em: 27 de maio de 2023

[28] RODRIGUES, Fidel Junqueira. **Correção do fator de potência**. 2012. Monografia (Especialização em Engenharia Elétrica) UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO, Itatiba, 2012. Disponível em: < <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2342.pdf> > Acesso em: 20 de maio de 2023.

- [29] STAL. **Multa energia reativa excedente.** Disponível em: < <https://www.stalengenharia.com.br/post-multa-energia-reativa-excedente.html> > Acesso em: 20 de maio de 2023.
- [30] FERREIRA, Francisco Duarte. **Implementação De Banco Automático De Capacitores e sua Análise Econômica Para A Subestação G1 Do CT da UFRJ.** 2020. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: < <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10032757.pdf> > Acesso em: 23 de maio de 2023.
- [31] GONÇALVES, Igor Pereira. **O Impacto da diminuição do desperdício de energia elétrica para a economia de água.** 2014. Disponível em: < <https://administradores.com.br/artigos/o-impacto-da-diminuicao-do-desperdicio-de-energia-eletrica-para-a-economia-de-agua> > Acesso em: 27 de junho de 2023
- [32] SCARPIN, Bruno. Cubi Energia. Banco de Capacitores: o que é. 2020. Disponível em: < <https://www.cubienergia.com/banco-de-capacitores/> > Acesso em: 24 de maio de 2023.
- [33] Grupo Neenergia. **Energia Reativa.** 2012. Disponível em: < <https://servicos.neoenergiacoelba.com.br/comercial-industrial/Pages/energia-reativa.aspx> > Acesso em: 20 de abr. de 2012.
- [34] WOOD, Wandersson. **Introdução à correção e fator de potência usando capacitores.** Disponível em: < <https://slideplayer.com.br/slide/11815510/> > Acesso em: 23 de maio de 2023.
- [35] ALFACOMP. **Controle de fator de potência.** Disponível em: < <https://alfacomp.net/2022/07/30/controle-de-fator-de-potencia/> > Acesso em: 18 de junho de 2023
- [36] PERETA, Henrique Augusto. **Filtro de dessintonia para banco de capacitores.** Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP. Disponível em: < https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2007/trabalhos/engenharias/inic/INICG00388_01O.pdf > Acesso em: 19 de junho de 2023
- [37] Saint-Gobain Weber. **O que é ETE/ETA e quais as diferenças.** 2023. Disponível em: < <https://www.quartzolit.weber/blog/o-que-e-ete-eta-e-quais-as-diferencas> > Acesso em: 27 de maio de 2023
- [38] FOXLUX. **Disjuntores Termomagnéticos.** Disponível em: <

<https://www.foxlux.com.br/blog/foxlux-2/disjuntores-termomagneticos/> > Acesso em: 18 de junho de 2023

[39] BRASILTEC. **Dimensionamento de capacitores para a correção de fator de potência.** Disponível em: < <https://brasiltec.ind.br/blog/1801/dimensionamento-de-capacitores-para-correcao-do-fator-de-potencia> > Acesso em: 18 de junho de 2023

[40] Wolfmeyer. **Bancos de Capacitores - Correção do Fator de Potência.** Disponível em: < <https://sites.google.com/a/wolfmeyer.com.br/wolfmeyer/bancos-de-capacitores> > Acesso em: 27 de maio de 2023

[41] CASTRO-ALVAREZ, Fernando. **The 2018 International Energy Efficiency Scorecard.** 2018. Disponível em: < <https://www.aceee.org/research-report/i1801> > Acesso em: 18 de Agosto de 2023

[42] ECOA. **Eficiência energética.** 2018. Disponível em: < <https://ecoa.org.br/eficiencia-energetica-brasil-na-rabeira-global/> > Acesso em: 18 de Agosto de 2023

[43] FINKLER, Alessandro. **Relação do crescimento econômico e consumo de energia Elétrica.** 2018. Disponível em: < <file:///C:/Users/bianc/Downloads/7237-Texto%20do%20artigo-31271-1-10-20160923.pdf> > Acesso em: 18 de Agosto de 2023

[44] ANEEL . **Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ª Edição.** Brasília, 2008.



CELG Distribuição S.A. - CELG D
Rua 2, Qd. A-37, N° 505 - Jardim Goiás - Goiânia-GO - CEP: 74.805-180
CNPJ: 07.543.032/0001-04 - IE: 100.549.420

DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

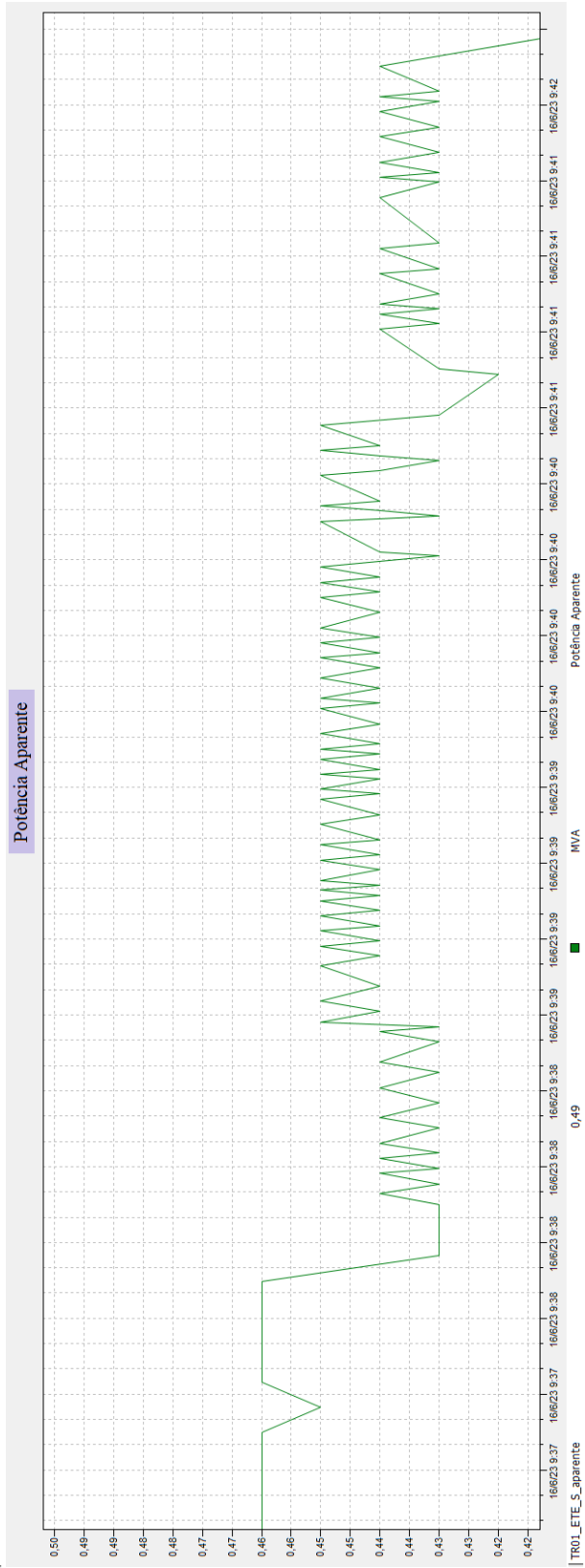
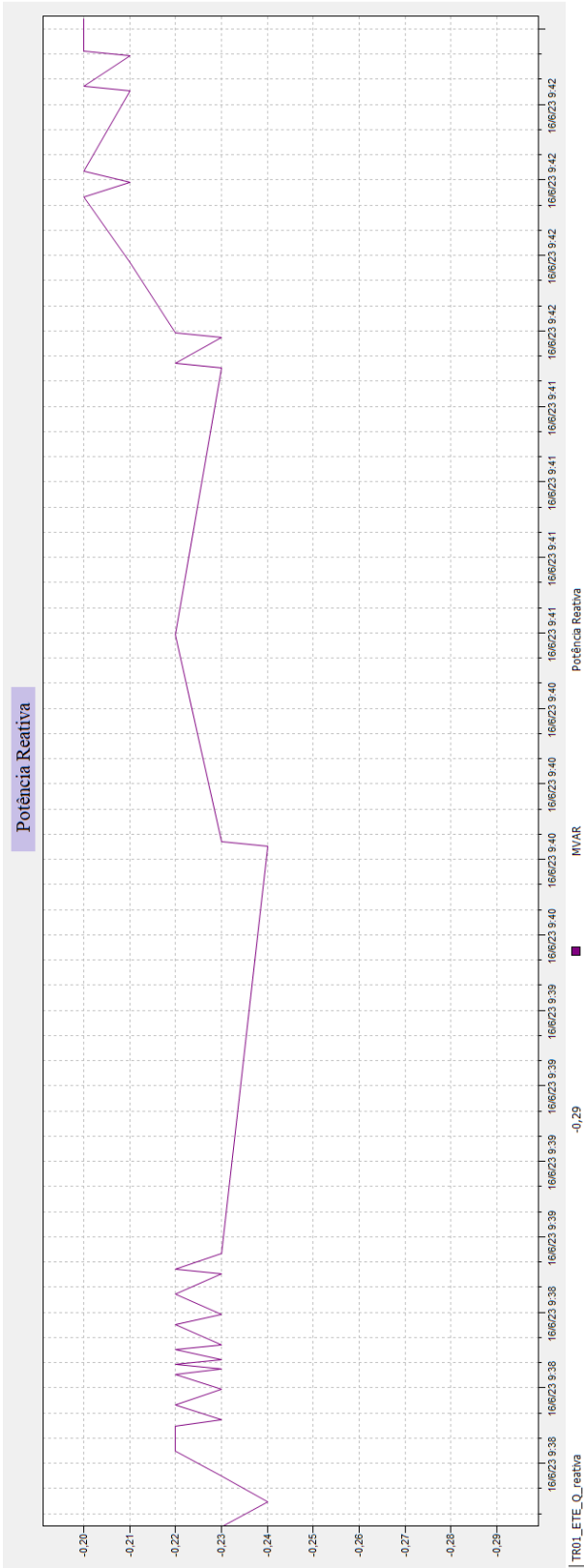
CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

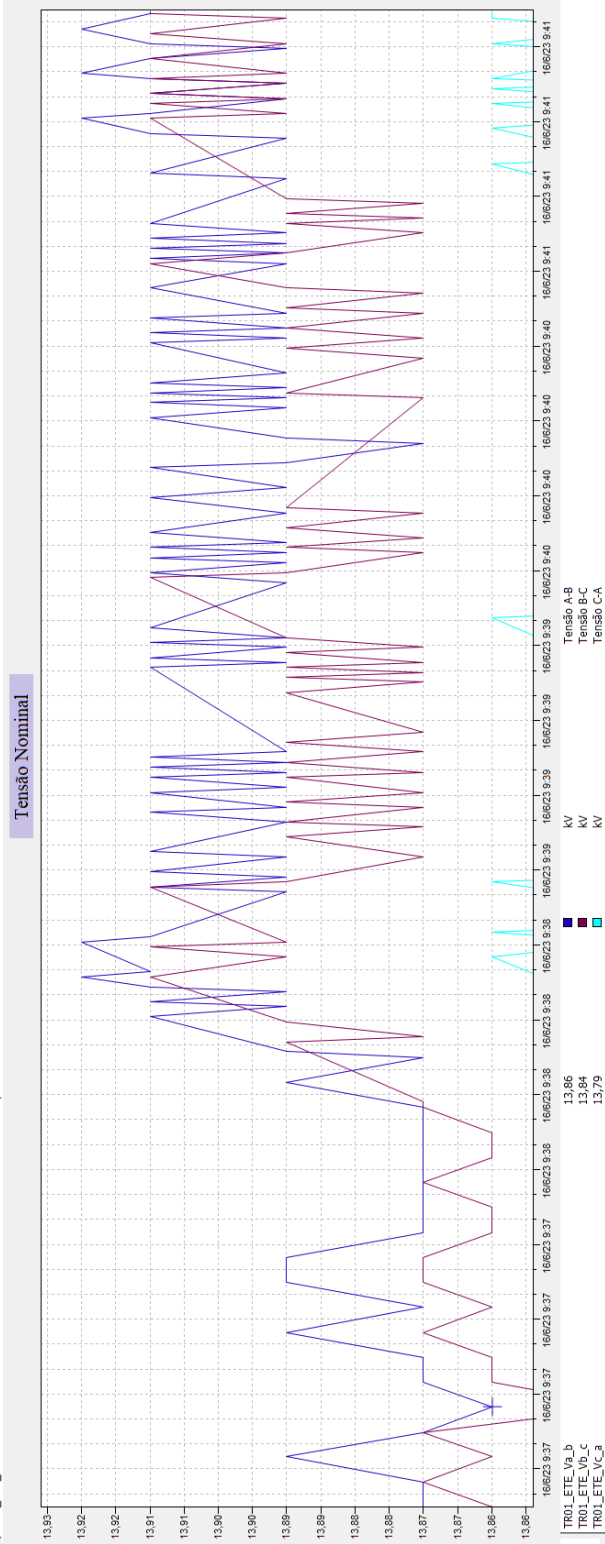
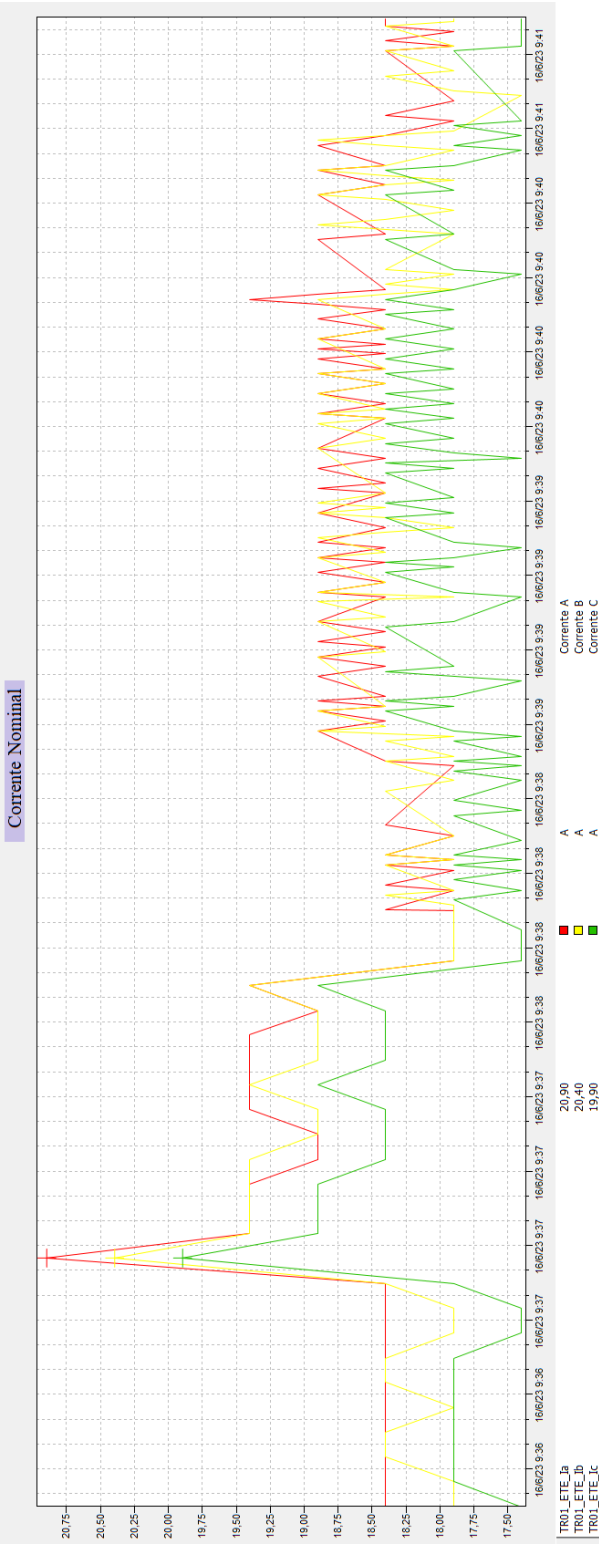
CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816
11870795-8	DEMANDA - KW	FORA PONTA	00101041
11870795-8	DEMANDA - KW	RESERVADO	00101347
11870795-8	UFER	PONTA	00000000
11870795-8	UFER	FORA PONTA	00513390
11870795-8	UFER	RESERVADO	00035686
11870795-8	UFER	RESERVADO	00000000
11870795-8	DMCR	PONTA	00465197
11870795-8	DMCR	FORA PONTA	00416557
11870795-8	DMCR	RESERVADO	00000000
11870795-8	FATOR DE POTÊNCIA	UNICO	0,280000

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO	
A-A4 INDUSTRIAL - INDUSTRIAL NORMAL THS_VERDE		TRIFÁSICO	
MÊS/ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	
ABR/2023	19/04/2023	R\$*****369.331,82	
DADOS DE MEDIÇÃO			
Medidor	Grandezas	Pontos Tarifários	Leitura Anterior
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	PONTA	05944629
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	FORA PONTA	07480829
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00728623
11870795-8	ENERGIA ATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	FORA PONTA	05482176
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	0041463
11870795-8	ENERGIA REATIVA - KWH	RESERVADO	00000000
11870795-8	DEMANDA - KW	PONTA	00100816





ANEXO C

100 kA / 690 V ca

	Características técnicas						Código
	Referência	Tamanho	Corrente (A)	Pt - pré-arco	Pt total - arco	Potência dissipada com 0,8x I _n (W)	
				690 V ca (A²s)			
	FNH000-20K-A	000	20	32	175	2,8	13735555
	FNH000-25K-A		25	46	330	3,5	13735656
	FNH000-35K-A		35	56	400	6,2	13737105
	FNH000-40K-A		40	110	670	6,2	13737107
	FNH000-50K-A		50	250	1.550	6,5	13737128
	FNH000-63K-A		63	410	2.200	8	13737129
	FNH000-80K-A		80	570	3.200	12	13737130
	FNH000-100K-A		100	980	6.200	14	13737131
	FNH000-125K-A		125	1.400	8.100	20,5	13737132
	FNH00-20K-A	00	20	16	240	3,2	10687494
	FNH00-25K-A		25	19	255	3,5	10701722
	FNH00-35K-A		35	23	430	5	10701721
	FNH00-40K-A		40	56	580	7	10702117
	FNH00-50K-A		50	130	1.430	9	10701718
	FNH00-63K-A		63	180	2.170	10,5	10705764
	FNH00-80K-A		80	270	2.710	13,5	10705995
	FNH00-100K-A		100	400	4.530	14	10707110
	FNH00-125K-A		125	810	6.350	16,5	10707231
	FNH00-160K-A		160	2.100	15.270	22,5	10701724
	FNH00-200K-A		200	2.900	25.870	26,5	10710732
	FNH00-250K-A		250	6.200	43.980	30,5	10711445
	FNH1-63K-A	1	63	63	770	15	10806688
	FNH1-80K-A		80	175	1.610	19	10807549
	FNH1-100K-A		100	320	3.050	21	10807553
	FNH1-125K-A		125	695	6.360	25	10807554
	FNH1-160K-A		160	1.460	13.090	29,5	10808545
	FNH1-200K-A		200	2.420	16.380	34,5	10809133
	FNH1-250K-A		250	4.920	29.810	40,5	10809489
	FNH1-315K-A		315	7.310	39.590	48	10809575
	FNH1-350K-A		350	11.430	64.870	52	10814896
	FNH2-400K-A	2	400	16.950	98.860	59	10815073
	FNH2-250K-A		250	3.390	24.370	45,5	10823581
	FNH2-315K-A		315	4.760	32.780	57,5	10823936
	FNH2-350K-A		350	7.990	60.150	66,5	10823996
	FNH2-400K-A		400	14.850	92.060	77	10824053
	FNH2-450K-A		450	18.420	132.990	91	10824055
	FNH2-500K-A		500	23.040	146.250	103	10824109
	FNH2-630K-A		630	49.130	298.820	127	10824110
	FNH2-710K-A		710	57.910	378.450	137,5	11393547
	FNH3-400K-A	3	400	6.520	66.830	70	10831217
	FNH3-450K-A		450	15.090	105.220	74,5	10832962
	FNH3-500K-A		500	18.770	107.200	79,5	10833056
	FNH3-630K-A		630	32.500	222.540	94	10833101
	FNH3-710K-A		710	56.620	308.900	105	10833591
	FNH3-800K-A		800	87.390	420.500	117	10833726
	FNH3-900K-A		900	129.380	636.150	130	11393564
	FNH3-1000K-A		1.000	197.890	893.350	150	11393565

