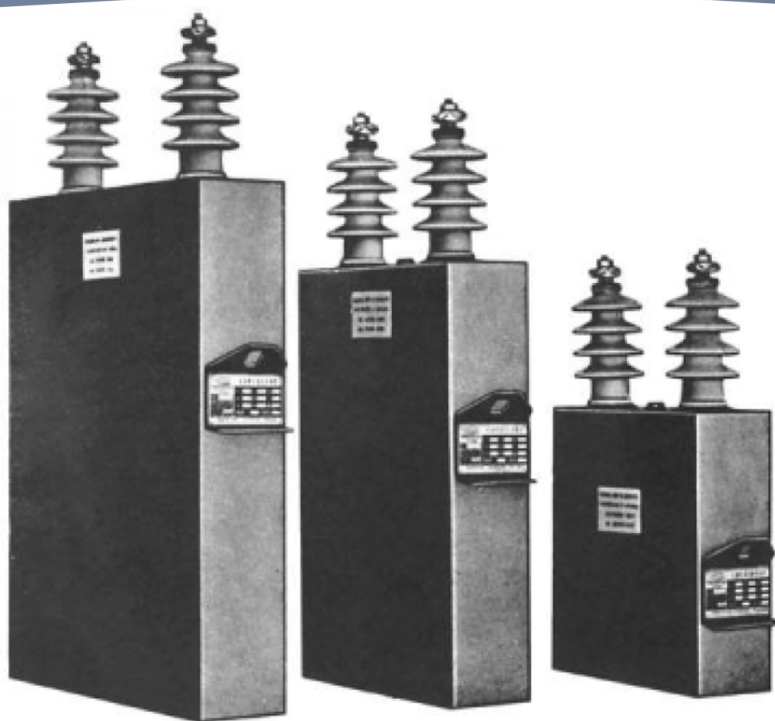


ESTUDO DE CASO:

# CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

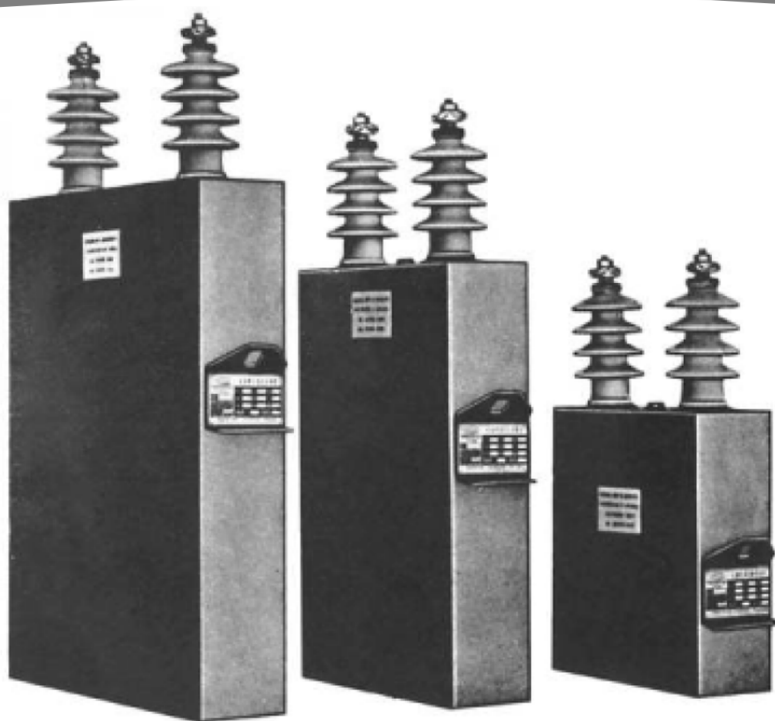
UTILIZANDO CONTROLADOR AUTOMÁTICO  
EM UMA FÁBRICA DE SEMIJOIAS



ESTUDO DE CASO:

# CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

UTILIZANDO CONTROLADOR AUTOMÁTICO  
EM UMA FÁBRICA DE SEMIJOIAS



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

2023 by Atena Editora

**Projeto gráfico**

Copyright © Atena Editora

Camila Alves de Cremo

Copyright do texto © 2023 Os autores

Luiza Alves Batista

Copyright da edição © 2023 Atena

Nataly Evilin Gayde

Editora

**Imagens da capa**

iStock

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

**Edição de arte**

Open access publication by Atena

Luiza Alves Batista

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
 Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
 Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
 Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
 Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
 Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
 Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
 Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
 Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
 Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
 Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Estudo de caso: correção do fator de potência utilizando controlador automático em uma fábrica de semijoias

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Soellen de Britto  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Autores:** Alysson Santos de Castro  
 Leonardo Ribeiro Portilho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
C367	<p>Catro, Alysson Santos de            Estudo de caso: correção do fator de potência utilizando controlador automático em uma fábrica de semijoias / Alysson Santos de Castro, Leonardo Ribeiro Portilho. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-258-1142-0            DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.420231204">https://doi.org/10.22533/at.ed.420231204</a></p> <p>1. Produtividade industrial. 2. Automação industrial. I. Castro, Alysson Santos de. II. Portilho, Leonardo Ribeiro. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

**Atena Editora**  
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
 Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A obra mostra de forma clara e prática, sem perder a profundidade teórica, a utilização de um banco de capacitadores para a correção de fator de potência em uma instalação elétrica de uma fábrica. O assunto torna-se mais interessante pelo fato da implementação do banco de capacitadores ocorrer utilizando-se um controlador automático, o que faz com que a correção se torne mais eficaz e atinja seu objetivo: equilíbrio no consumo de energia elétrica quanto ao seu uso racional e eficiente.

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>7</b>
<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>FATOR DE POTÊNCIA .....</b>	<b>9</b>
CONCEITO .....	9
CONSEQUÊNCIAS DE UM BAIXO FATOR DE POTÊNCIA .....	10
Aumento das perdas na rede elétrica .....	10
Quedas e flutuações de tensão nas redes de distribuição .....	11
Limitação na capacidade dos condutores da rede .....	11
Desgaste prematuro dos equipamentos elétricos .....	12
Acréscimo no valor da fatura de energia elétrica .....	12
<b>FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b>	<b>13</b>
DEMANDA .....	13
VALOR ADICIONAL DEVIDO AO EXCESSO DE REATIVO .....	15
<b>CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA .....</b>	<b>21</b>
<b>BANCO DE CAPACITORES .....</b>	<b>22</b>
CAPACITORES.....	22
Definição e aspectos construtivos dos capacitores .....	22
Tipos de capacitores .....	25
Definição de banco de capacitores.....	25
Tipos de bancos de capacitores .....	27
Banco de capacitores fixos .....	27
Banco de capacitores programável.....	27

Banco de capacitores automáticos .....	28
<b>LOCALIZAÇÃO DO BANCO DE CAPACITORES .....</b>	<b>29</b>
No lado de alta tensão dos transformadores (tipo centralizado) .....	29
Nos barramentos secundários dos transformadores (tipo centralizado) .....	30
Nos barramentos secundários onde exista um agrupamento de cargas indutivas (tipo distribuído) .....	30
Junto às grandes cargas indutivas (tipo individual) .....	30
<b>INSTALAÇÃO DE UM BANCO DE CAPACITORES CONTROLADO AUTOMATICAMENTE EM UMA FÁBRICA DE SEMIJOIAS .....</b>	<b>32</b>
A EMPRESA .....	32
LEVANTAMENTO DE CARGA E PROJETO .....	33
PROJETO DE INSTALAÇÃO .....	35
PROCEDIMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS .....	35
MONTAGEM E EXECUÇÃO .....	36
<b>CRONOGRAMA .....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>
Anexo 1 – Dimensionamento do Banco de Capacitores .....	46
Anexo 2 – Materiais utilizados .....	47
Anexo 3 – Projeto de instalação .....	49
Anexo 4 .....	58
<b>SOBRE OS AUTORES .....</b>	<b>62</b>

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FP –	Fator de Potência
ANEEL –	Agência Nacional de Energia Elétrica
ENEL –	Ente nazionale per l'energia elettrica
UFER –	Unidade Faturamento de Energia Registrada
DMCR –	Demanda Máxima Corrigida Registrada
DNAEE –	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
BC –	Banco de Capacitores
AFP –	Acréscimo devido ao Fator de Potência
DIN –	Deutsches Institut für Normung
QGBT –	Quadro Geral de Baixa Tensão

## RESUMO

A correção do fator de potência nas instalações elétricas das indústrias, quando ele está baixo, ocorre inserindo-se no sistema um banco de capacitores para compensar o excesso de carga reativa indutiva. Além do monitoramento permanente, a correção deve ocorrer de forma eficaz e precisa, inserindo o banco de capacitores no circuito rapidamente e em quantidade estritamente necessária. Para que o procedimento ocorra dessa forma, deve ser realizada de forma automática, utilizando-se para isso de um controlador, que atuará definindo e inserindo a quantidade de carga capacitiva necessária para efetuar a correção. Para ilustrar o que foi apresentado, foi analisada a carga de um estabelecimento industrial, mais especificamente, uma fábrica de semijoias, a qual apresentou baixo fator de potência em sua instalação elétrica, ou seja, consumo de energia reativa em excesso, o que ocasionava, inclusive, multa. Para a correção desse valor de FP, foi elaborado um projeto elétrico com banco de capacitores controlados automaticamente e, em seguida, sua execução. Após isso, foi analisado o desempenho da rede elétrica da fábrica após a inserção do BC, buscando avaliar o comportamento do novo valor de fator de potência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Correção. Fator de potência. Banco de capacitores. Controlador automático.

# ABSTRACT

The correction of the power factor in electrical installations occurs by inserting a bank of capacitors in the system, to compensate for the excess of inductive reactive load. In addition to permanent monitoring, the correction must take place effectively and precisely, inserting the capacitor bank into the circuit quickly and in the strictly necessary quantity. For the procedure to occur in this way, it must be performed automatically, using a controller, which will act by defining and inserting the amount of capacitive load necessary to effect the correction. To illustrate what was presented, the load of an industrial establishment was analyzed, more specifically, a semi-jewels factory, which presented a low power factor in its electrical installation, that is, excess reactive energy consumption, which caused, including a fine. For the correction of this FP value, an electrical project was elaborated with a bank of capacitors automatically controlled and, then, its execution. After that, the performance of the factory's electrical network after the insertion of the BC was analyzed, seeking to evaluate the behavior of the new power factor value.

**KEYWORDS:** Correction. Power factor. Capacitors bank. Automatic controller.

# INTRODUÇÃO

Um dos temas mais recorrentes quando se fala em progresso é a eficiência energética. A industrialização tem crescido de maneira intensa e praticamente todos os países do mundo passam por esse fenômeno. Junto a ele vem a demanda por energia. A principal forma de energia utilizada atualmente é a energia elétrica.

Para se suprir a demanda por eletricidade milhares de quilômetros de linhas de transmissão e distribuição foram, e ainda estão sendo construídas. No entanto, grande parte dessa energia não é utilizada eficazmente, ou seja, não é transformada em trabalho.

O modelo de transmissão mais utilizado atualmente e o majoritariamente encontrado nas indústrias, de acordo com PINTO (2014), é aquele que faz uso da corrente alternada (CA). Dessa forma, grande parte da carga consumida em fábricas e indústrias possui característica reativa indutiva, representada por motores e transformadores. Isso faz com que parte da potência fornecida seja utilizada no processo de excitação das bobinas desses equipamentos, ou seja, não há efetivamente a realização de trabalho.

A potência fornecida a um sistema, chamada de aparente, a potência utilizada na excitação das bobinas presentes nos equipamentos do sistema, chamada de reativa, e a potência que efetivamente realiza trabalho, chamada de ativa, se relacionam trigonometricamente através do fator de potência, cujo valor encontra-se no intervalo entre 0 e 1.

Quando o fator de potência é unitário, significa que a potência aparente é igual a potência ativa, ou seja, toda a potência é utilizada na realização de trabalho. Em contrapartida, quanto mais o fator de potência se distancia da unidade, menos potência aparente é utilizada na realização de trabalho. Assim, torna-se necessário elaborar um sistema em que haja uma compensação para excesso de carga indutiva. O principal método utilizado para isso é a inserção de um banco de capacitores na planta a ser alimentada. Esse dispositivo introduz no sistema carga reativa capacitiva, compensando total ou parcialmente a carga reativa indutiva.

Por outro lado, o excesso de carga reativa capacitiva não é permitido, conforme determina a legislação: “Todos os concessionários de serviços públicos de energia elétrica e unidades consumidoras deverão manter o fator de potência de seus sistemas e de suas instalações elétricas o mais próximo possível da unidade.” (BRASIL 1968).

Daí a importância de se definir o modo como ocorrerá a inserção do banco de capacitores, já que se dará em circunstâncias e períodos específicos (quantidade e horário). Dessa forma, o controle automático do banco de capacitores torna-se uma boa

opção. Além disso, tal controle deve ser projetado de modo a adequar o valor do Fator de Potência tem níveis apropriados de modo rápido e imune a falhas.

Dessa forma, torna-se importante a demonstração prática de um processo de instalação de um banco de capacitores controlados automaticamente, desde a análise da carga presente na planta industrial até a instalação do banco de capacitores propriamente dito. Nesse caso, foi escolhida uma fábrica de semijoias, localizada no município de Aparecida de Goiânia para se realizar tal estudo.

## OBJETIVO GERAL

Apresentar o sistema automático de correção de fator de potência e a instalação de um banco de capacitores automático em uma fábrica de semijoias.

## OBJETIVO ESPECÍFICO

- Expor as necessidades de se corrigir o fator de potência;
- Apresentar o banco de capacitores;
- Abordar os tipos de sistema de controle existentes;
- Descrever um sistema de controle automático de fator de potência;
- Analisar e avaliar a carga de uma fábrica de semijoias;
- Elaborar um projeto de um banco de capacitores automáticos;
- Instalação do banco de capacitores automático.

## JUSTIFICATIVA

Para se alcançar o equilíbrio no consumo de energia elétrica, é fundamental fazer o uso racional e eficiente desse recurso, evitando perdas desnecessárias. Como se sabe, o grande número de cargas indutivas em uma planta industrial faz com que grande parte da potência consumida não seja efetivamente utilizada na realização de trabalho. Dessa forma, se faz necessário um método para se mitigar esse impacto provocado pelas cargas indutivas. E a principal ferramenta encontrada para a realização dessa tarefa é a instalação de um banco de capacitores na rede. Para isso, a utilização de um banco de capacitores controlado automaticamente apresenta-se como uma solução viável e eficaz para o caso em estudo.

# FATOR DE POTÊNCIA

## CONCEITO

A maioria das cargas das unidades consumidoras, seja residencial, comercial ou industrial, consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência:

- Potência ativa: potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento etc. É medida em kW.
- Potência Reativa: potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. É medida em kVar.

Assim, 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 que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

O fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Trata-se de uma grandeza adimensional, pois a razão entre as unidades W e VA é nula, Watt e Volt-Ampère possuem a mesma dimensão. Essa grandeza varia que varia entre 0 e 1. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética.

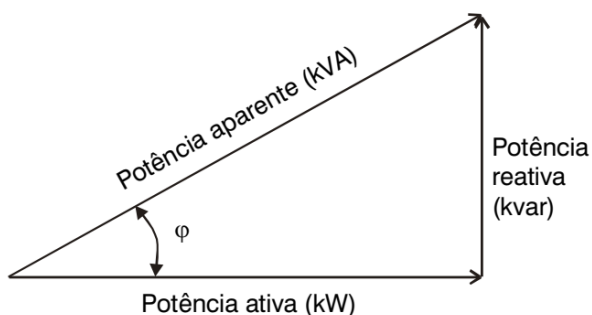


Figura 1: Triângulo de Potências.

Fonte: <https://static.weg.net>. Acesso: 25/05/2020.

Onde:

$$\text{Fator de potência (FP)} = \cos \varphi = \frac{\text{potência ativa (kW)}}{\text{potência aparente (kVA)}}$$

Pela equação infere-se que quanto menor o ângulo  $\varphi$ , ou seja, quanto mais próximo de zero, mais próximo da unidade estará o  $\cos \varphi$ , consequentemente, mais próximo de 1 estará o FP.

Se a potência reativa for nula, em outras palavras, caso não haja carga indutiva no sistema, a potência aparente será igual à potência ativa e, consequentemente, o FP será igual a 1.

## CONSEQUÊNCIAS DE UM BAIXO FATOR DE POTÊNCIA

O baixo valor de fator de potência indica que grande parte da potência demandada não está sendo utilizada de forma efetiva. O valor ideal de fator de potência seria 1 (um). Nesse caso, a potência demandada seria totalmente consumida na forma de potência efetiva, ou seja, aquele que realiza trabalho. No entanto, devido às características das cargas normalmente presentes nas indústrias isso não ocorre. Dessa forma, um baixo fator de potência implica em algumas situações indesejáveis, apresentadas a seguir, conforme Manual para correção fator de potência WEG (2019):

### Aumento das perdas na rede elétrica

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total ( $I^2.R$ ). Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

A Tabela 1 mostra a potência total que deve ter o transformador, para atender uma carga útil de 800 kW para fatores de potência crescentes.

Potência útil absorvida - kW	Fator de Potência	Potência do trafo - kVA
800	0,50	1.600
	0,80	1.000
	1,00	800

Tabela 1: Relação entre potência aparente (No trafo) e o fator de potência.

Fonte: <https://static.weg.net>. Acesso em 3 de fev. 2020.

## Quedas e flutuações de tensão nas redes de distribuição

O excesso de potência reativa consumida, ocasionada por um baixo fator de potência, faz com que a rede seja mais utilizada, já que a potência aparente demandada aumenta. Esse incremento de corrente leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede. Esse risco é sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.

## Limitação na capacidade dos condutores da rede

Também o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar à medida que o fator de potência diminui. A Tabela 2 ilustra a variação da seção de um condutor em função do fator de potência. Nota-se que a seção necessária, supondo-se um fator de potência 0,70 é o dobro da seção para o fator de potência 1,00.

A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O “espaço” ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas. Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

Seção relativa	Fator de Potência
1,00                      ◦	1,00
1,23                      ◦	0,90
1,56                      ○	0,80
2,04                      ○	0,70
2,78                      ○	0,60
4,00                      ○	0,50
6,25                      ○	0,40
11,10                    ○	0,30

Tabela 2: Relação entre seção do condutor e fator de potência.

Fonte: <https://static.weg.net>. Acesso: 25/05/2020.

## Desgaste prematuro dos equipamentos elétricos

Excesso de corrente trafegando desnecessariamente provoca envelhecimento prematura das instalações elétricas.

## Acréscimo no valor da fatura de energia elétrica

Esse efeito é um dos mais perceptíveis e é aquele que produz reação imediata por parte de quem administra a empresa. A unidade consumidora recebe um acréscimo no valor da fatura de energia elétrica, como pode ser visto a seguir.

# FATURAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com ANEEL (2010), os consumidores de energia elétrica são divididos em dois grupos, de acordo com suas características: A e B.

Os consumidores do grupo A, conforme ANEEL (2010), são constituídos por unidades consumidoras que recebem energia em tensão igual ou superior a 2,3 kilovolts (kV) ou são atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia (aplicada ao consumo e à demanda faturável).

Ainda conforme ANEEL (2010), os consumidores do grupo B são aqueles conectados à baixa tensão, ou tensão inferior a 2,3kV. Ou ainda, que possuem carga instalada de 50 kW (transformador de 75 kVA ou transformador inferior a 112,5 kVA (ENEL). Para essas unidades consumidoras é aplicada somente a tarifa de consumo de energia elétrica ativa (kWh) (tarifa monômia).

Tanto a energia reativa indutiva como a energia reativa capacitiva excedentes serão medidas e faturadas. O ajuste por baixo fator de potência será realizado através do faturamento do excedente de energia reativa indutiva consumida pela instalação e do excedente de energia reativa capacitiva fornecida à rede da concessionária pela unidade consumidora. (MAMEDE 2006, p. 275).

## DEMANDA

As unidades consumidoras do Grupo A pagam por tarifação binômia, ou seja, pagam pela energia consumida e pela demanda. A demanda corresponderá à média das potências elétricas ativas solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.

O intervalo de tempo especificado no Brasil é de 15 minutos (ou  $\frac{1}{4}$  de hora). Portanto, quatro blocos de energia de 15 minutos totalizados correspondem a um bloco de energia de uma hora, ou seja,  $\text{kWh/h} = \text{kW}$ .

Segue abaixo um gráfico de demanda mostrando a média das demandas a cada 15 minutos, por uma unidade consumidora, durante um período de 24 horas.

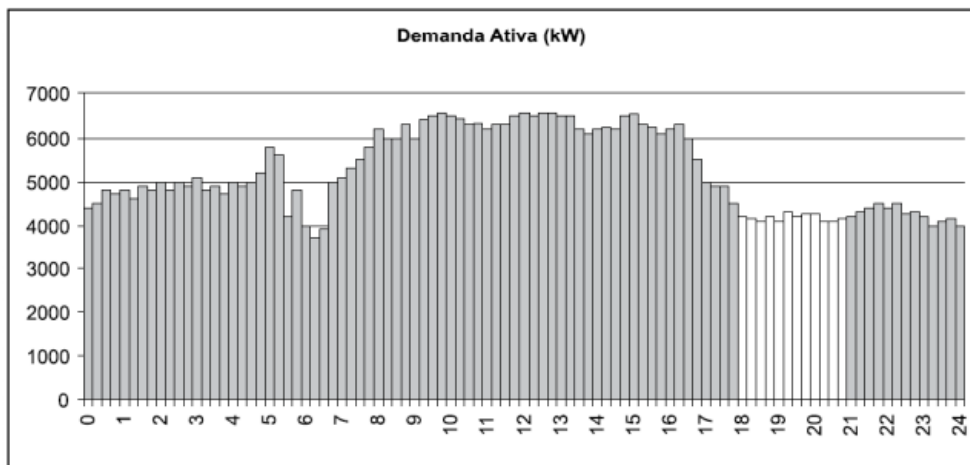


Figura 2: Demanda de energia durante 24 horas.

Fonte: LEAL (2020)

O gráfico apresentado apresenta dois pontos importantes acerca do faturamento da energia da unidade consumidora: demanda máxima e demanda média. Aquela A demanda máxima é o maior valor alcançado pelo gráfico de demanda. A demanda média é o resultado da divisão da somatória de todas as áreas das barras do gráfico pelo período total, no caso, 24 horas. Veja gráfico a seguir:

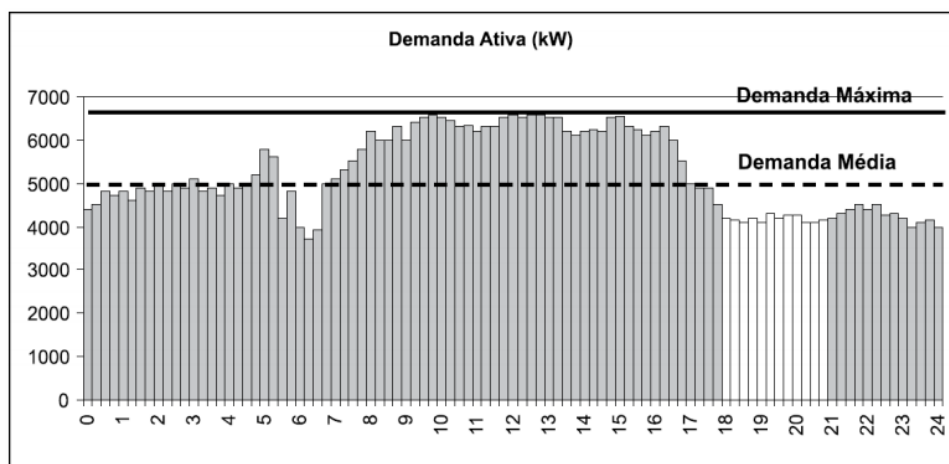


Figura 3: Exemplos de demanda máxima e média.

Fonte: LEAL (2020).

## VALOR ADICIONAL DEVIDO AO EXCESSO DE REATIVO

Além da energia elétrica consumida e a demanda contratada, outro valor pode incidir no faturamento dos integrantes do grupo A: multa por baixo fator de potência.

Sempre que houver consumo de potência reativa, que implique em um fator de potência menor que 0,92, a fornecedora de energia elétrica aplica penalidade pecuniária ao consumidor, já que o fator de potência mínimo deve ser 0,92, seja com características indutivas ou capacitivas. De acordo com ANEEL (2010), O fator de potência de referência “fR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras do grupo A, o valor de 0,92.

Percebe-se que a imposição se aplica apenas aos consumidores do grupo A, de acordo ANEEL (2010):

Art. 76. O fator de potência da unidade consumidora, para fins de cobrança, deve ser verificado pela distribuidora por meio de medição permanente, de forma obrigatória para o grupo A.

Parágrafo único. As unidades consumidoras do grupo B não podem ser cobradas pelo excedente de reativos devido ao baixo fator de potência.

De acordo com LEAL (2020), as unidades consumidoras do grupo A estão enquadradas em “Tarifas Horosazonais” e por isso utilizam medidores eletrônicos para diferenciar o consumo (e demanda) por horário.

Esses medidores calculam os acréscimos devidos ao baixo Fator de Potência, de hora em hora, conforme LEAL (2020):

- UFER: Corresponde a energia reativa excedente, que é diferença entre o fator de potência aferido e o mínimo para não cobrança de 0,92. Esta diferença é cobrada a título de multa por baixo fator de potência.
- DMCR: Demanda Máxima Corrigida Registrada, verificada a cada hora, utilizada para o cálculo da UFER.

O monitoramento do fator de potência, de acordo com LEAL (2020), ocorre de forma periódica, em intervalos de 1 hora. Anteriormente, a aferição ocorria pela média mensal. Essa alteração foi introduzida pela Portaria nº 1569, de 23 de dezembro de 1993, do DNAEE. Dessa forma, a cobrança por fator de potência abaixo de 0,92 ocorre de forma indireta, aplicando-se as tarifas sobre os valores de energia e demandas ativas correspondentes aos valores de energia e demanda reativas excedentes, medidas no mesmo intervalo de integração (1 hora).

Os acréscimos UFER e DMCR, ainda conforme LEAL (2020) sofrem variações ao longo do dia. A legislação definiu que das 6h30 da manhã às 23h30 o fator de potência deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva fornecida, e das

0h30 até as 6h30 no mínimo 0,92 para energia e demanda de potência reativa capacitiva recebida.

Dessa forma, no primeiro período (6h30 às 23h30), o excesso permitido de potência reativa indutiva deverá ser aquele em que o fator de potência seja no mínimo 0,92.

Por outro lado, no segundo período (23h30 às 6h30), o excesso controlado deve ser o de potência reativa capacitiva, cujo valor não pode implicar em um fator de potência menor que 0,92.

A Figura 7 mostra o gráfico potência reativa de uma instalação em que a concessionária de energia elétrica adotou o intervalo entre 6 e 24 horas para avaliação da energia reativa indutiva e o intervalo entre 24 e 6 horas para avaliação da energia reativa capacitiva.

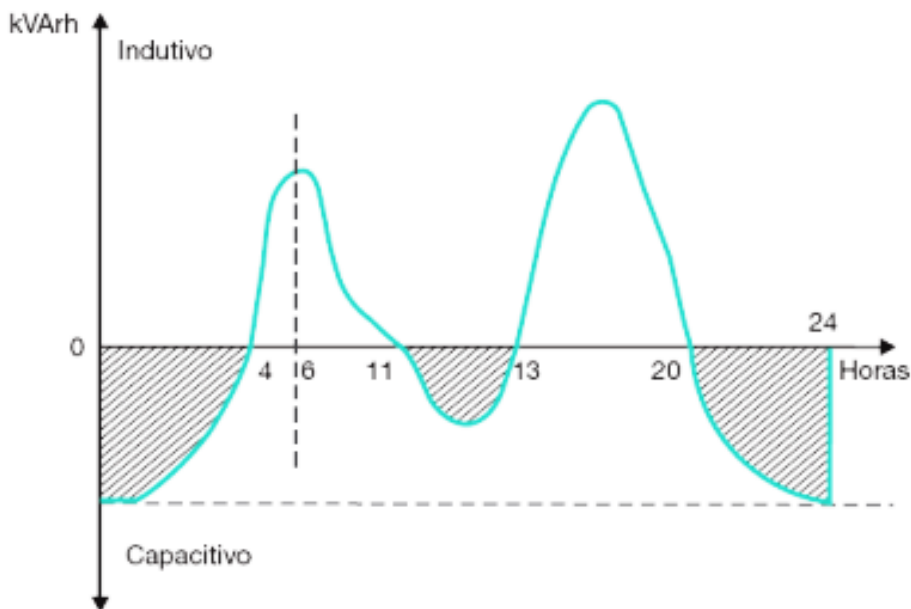


Figura 4: Avaliação da curva reativa.

Fonte: MAMEDE (2010).

A figura 4 acima, de acordo com MAMEDE (2010), indica que:

- Período de 0 às 4 horas: excedente de energia reativa capacitiva – valores pagos para  $FP < 0,92$  capacitivo;
- Período das 4 às 6 horas: excedente de energia reativa indutiva – valores não pagos;

- Período das 6 às 11 horas: excedente de energia reativa indutiva – valores pagos para  $FP < 0,92$  indutivo;
- Período das 11 às 13 horas: excedente de energia reativa capacitiva – valores não pagos, independentemente do valor de  $FP$  capacitivo;
- Período das 13 às 20 horas: excedente de energia reativa indutiva – valores pagos para  $FP < 0,92$  indutivo;
- Período das 20 às 24 horas: excedente de energia reativa capacitiva – valores não pagos, independentemente do  $FP$  capacitivo.

De acordo com a Resolução nº 414/2010, o acréscimo (multa) devido ao “Baixo Fator de Potência” é obtido pela expressão:

$$AFP = \frac{0,92}{FP}$$

FATOR DE POTÊNCIA	ACRÉSCIMO
$\geq 0,92$	0%
$= 0,80$	15%
$= 0,50$	84%
$= 0,45$	104%
$= 0,20$	360%

Tabela 3: Relação entre  $FP$  e acréscimo no faturamento.

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Graficamente, de acordo com LEAL (2020), a “expressão  $AFP$  pode ser interpretada como a relação entre a Potência Ativa “reprimida” devido ao baixo Fator de Potência da unidade consumidora e a Potência Ativa efetivamente utilizada por ela”.

Considerando o triângulo  $o\hat{a}b$  como uma situação inicial:

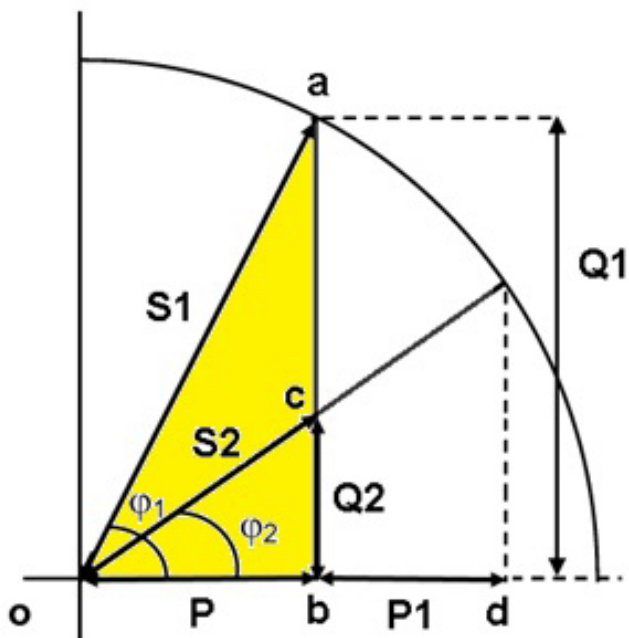


Figura 5: Acréscimos devido ao baixo fator de potência

Fonte: LEAL (2020).

Onde:

- P: Potência Ativa;
- S1: Potência Aparente Inicial;
- Q1: Potência Reativa Inicial;
- $\phi_1$ : Ângulo Inicial.

Ainda de acordo com LEAL (2020), considerando o triângulo ocb como uma situação final (desejada):

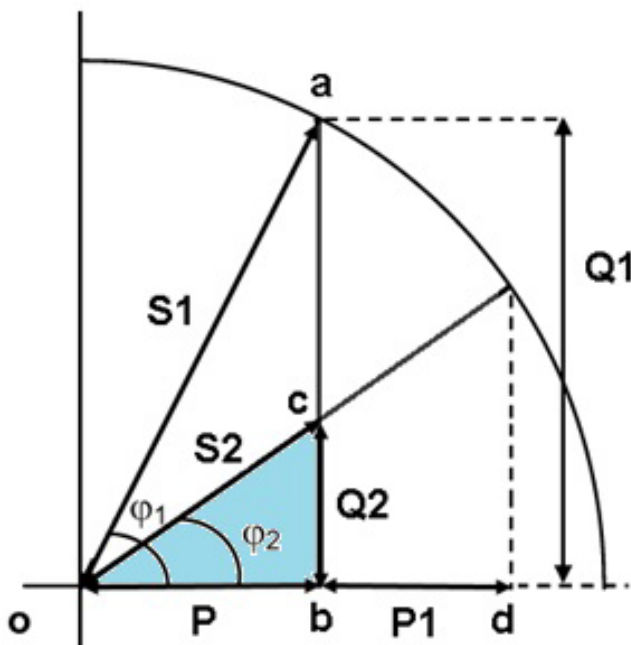


Figura 6: Variação fator de potência - situação final

Fonte: LEAL (2020)

Onde:

- P: Potência Ativa;
- S2: Potência Aparente Final;
- Q2: Potência Reativa Final;
- $\phi_2$ :  $23,07^\circ$ , já que 0,92 é a condição ideal. Assim,  $\phi_2 = \cos^{-1} 0,92 = 23,07^\circ$ .

Considerando-se P1 a potência ativa reprimida devido ao baixo Fator de Potência da unidade consumidora, tem-se que:

$$\frac{P + P1}{S1} = \cos(\varphi2) = 0,92$$

$$P + P1 = S1 * 0,92$$

$$P1 = S1 * 0,92 - P$$

$$P1 = \frac{P}{\cos(\varphi1)} * 0,92 - P$$

$$P1 = P * \left( \frac{0,92}{\cos(\varphi1)} - 1 \right)$$

Como  $\cos(\varphi1)$  representa o fator de potência (FP), então:

$$\frac{P1}{P} = \left( \frac{0,92}{FP} - 1 \right) = \mathbf{AFP}$$

Onde AFP representa o acréscimo devido ao baixo fator de potência.

Percebe-se na figura anterior que pode haver no sistema, a predominância de cargas reativas indutivas ou capacitivas. Dessa forma, o fator de potência pode ser modificado variando-se a carga capacitiva do sistema.

# CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Várias são as causas para se ter um baixo fator de potência. Dentre elas pode-se destacar:

**Motores de indução com cargas acopladas:** a simples instalação de um motor de indução diminui o fator de potência. A intensidade dessa diminuição dependerá do fabricante do motor.

**Motores de indução operando a vazio.** Nesse caso irão consumir potência reativa, mesmo não tendo carga acoplada.

**Transformadores de potência operando a vazio.** Ou seja, irão consumir potência reativa apenas para a excitação dos enrolamentos.

**Nível de tensão elevado.** Como a potência reativa é proporcional ao quadrado da tensão de alimentação, estando essa elevada, irá aumentar a potência reativa nas plantas industriais, já que a maior parte das cargas é constituída por motores.

A priori, a principal forma de se evitar os efeitos de um baixo valor de potência é justamente mitigar os fatores acima apresentados. Obviamente que muitas vezes o fator de potência será corrigido através de dispositivo chamado banco de capacitores.

Para se alcançar a correção correta e apropriada, deve ser feito um estudo da sua demanda, ou seja, da carga instalada. Através desta análise será definida a quantidade de correção necessária, e qual forma será mais viável, sendo um banco com atuação pré-definida ou se será da forma automática, atuando assim sempre que seu fator de potência for diminuído para o pré-estabelecido.

# BANCO DE CAPACITORES

## CAPACITORES

### Definição e aspectos construtivos dos capacitores

Inicialmente é necessário compreender o princípio de funcionamento da unidade básica de um banco de capacitor, que é o próprio capacitor. Trata-se de um dispositivo cuja função básica é acumular cargas elétricas. De acordo com IRWIN (2000), é um componente que consiste em duas superfícies condutoras, separadas por um material não-condutor ou dielétrico. Um capacitor simplificado e seu símbolo são mostrados na Figura 6.

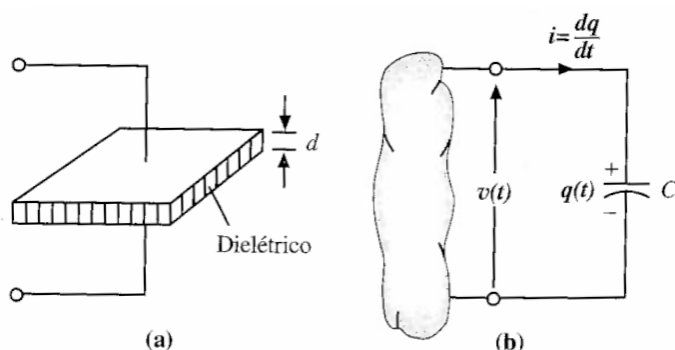


Figura 7: Capacitor e seu símbolo elétrico.

Fonte: IRWIN (2000).

A Figura 7 a seguir mostra alguns modelos de capacitores utilizados.

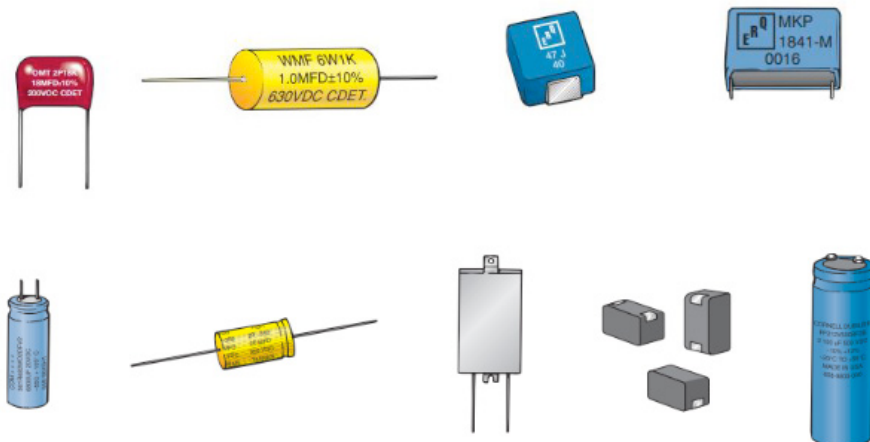


Figura 8: Exemplos de capacitores.

Fonte: BOYLESTAD (2012).

A quantidade máxima de carga que um capacitor pode armazenar entre suas placas é denominada de capacitância, cuja unidade é Farad (F), em homenagem ao cientista inglês Michael Faraday.

A equação básica da capacitância é

$$C = \frac{Q}{V}$$

Onde: Q (C) é a carga entre as placas e V (V) é a tensão aplicada entre elas.

Para uma mesma tensão, a capacitância aumenta à medida que se aumenta a carga acumulada, e vice-versa.

Além da equação supracitada, há uma equação que relaciona parâmetro geométrico das placas do capacitor:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

Onde:  $\epsilon_0$  é a permissividade do ar,  $\epsilon_r$  é a permissividade do material,  $A$  (m<sup>2</sup>) é a área da placa e  $d$  (m) é a distância entre as placas. Como o valor de  $\epsilon_0$  é conhecido, qual seja,  $8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m. Assim, a equação acima pode ser escrita da seguinte forma:

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

A Tabela 4 a seguir apresenta alguns valores de permissividade de algumas substâncias.

Dielétrico	$\epsilon_r$ (valores médios)
Vácuo	1,0
Ar	1,0006
Teflon®	2,0
Papel parafinado	2,5
Borracha	3,0
Polistireno	3,0
Óleo	4,0
Mica	5,0
Porcelana	6,0
Baquelite®	7,0
Óxido de alumínio	7
Vidro	7,5
Óxido de tântalo	30
Cerâmica	20 – 7.500
Titanato de bário e estrôncio (cerâmica)	7.500,0

Tabela 4: Permissibilidade relativa  $\epsilon_r$  de várias substâncias dielétricas.

Fonte: BOYLESTAD (2012).

## Tipos de capacitores

Os capacitores são classificados em duas categorias: fixos e variáveis. Os primeiros possuem capacitância constante, os segundos possuem capacitância variável. Seus símbolos estão ilustrados na Figura 8:



Figura 9: Símbolos de capacitores: (a) fixo e (b) variável.

Fonte: BOYLESTAD (2012).

## DEFINIÇÃO DE BANCO DE CAPACITORES

Trata-se de um equipamento destinado à correção do fator de potência de um sistema. Seu principal componente é o capacitor, ou o conjunto deles. Esse equipamento é instalado no quadro de distribuição do estabelecimento consumidor de energia elétrica.

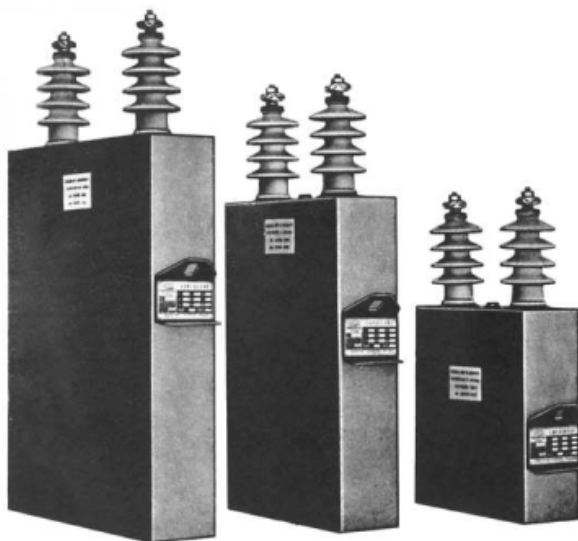


Figura 10: Capacitores de alta tensão.

Fonte: CREDER (2016).

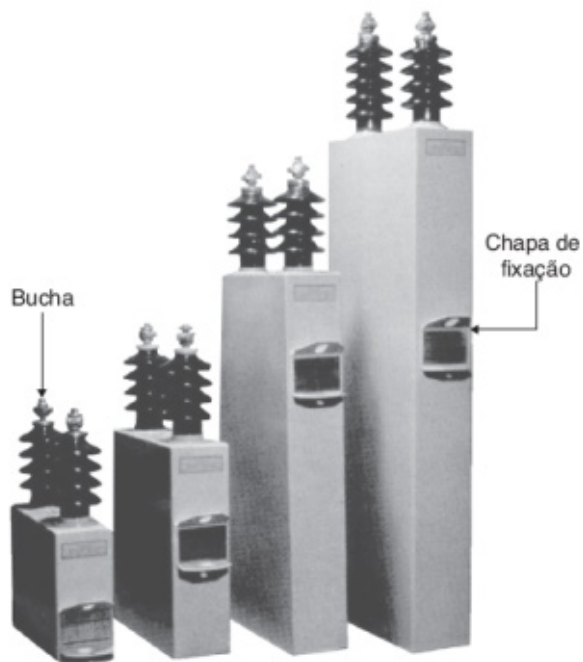


Figura 11: Capacitor trifásico de média tensão.

Fonte: MAMEDE (2010).



Figura 12: Capacitor de baixa tensão.

Fonte: MAMEDE (2010).



Figura 13: Banco de capacitores instalado em um gabinete.

Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br>. Acesso: 3 mar. 2020.

## TIPOS DE BANCOS DE CAPACITORES:

### Banco de capacitores fixos

São aqueles instalados em estabelecimentos em que a variação da carga total é praticamente nula, em outras palavras, não há variação da energia consumida ao longo do tempo.

Devem ser utilizados com cuidado, de forma a não provocar um baixo fator de potência capacitivo, e os módulos fixos devem conter, no mínimo, um sistema de proteção. A instalação do banco de capacitores fixo pode trazer retornos do investimento a partir do segundo mês dependendo de cada caso.

### Banco de capacitores programável

Chamado também de semiautomático, esse tipo de banco de capacitores pode atuar em condições pré-definidas (períodos ou eventos) de acordo com a necessidade específica

de correção do fator de potência. Eles atuam ligando os sistemas no horário indutivo e desligando-os no período capacitivo.

Portanto, são ideais para estabelecimentos de pequeno ou médio porte, com uma demanda elétrica estável, e que passam por longos períodos de baixo ou quase nulo consumo elétrico., ou seja, aquelas empresas que desligam tudo às 18h.

### **Banco de capacitores automáticos.**

Esse tipo de banco de capacitores realiza uma compensação automática do fator de potência, por meio do monitoramento de sinais de tensão e corrente, ligando e desligando módulos capacitivos de acordo com a necessidade desejada. Por isso, ele é mais indicado para prédios comerciais e indústrias com equipamentos que ligam e desligam muitas vezes ao dia causando variação no consumo de energia e no fator de potência ao longo deste período.

Das opções, é o que tem maior custo, mas também é a forma mais eficiente de corrigir o fator de potência sem o risco de a rede ficar capacitiva. Por isso o retorno do investimento é um pouco mais longo, por volta de nove meses em média nas soluções tradicionais.

Os bancos de capacitores automáticos são utilizados em instalações em que existe uma razoável variação da curva de carga reativa diária ou em que se necessita da manutenção do fator de potência em uma faixa muito estreita de variação. (FILHO, 2006, p. 334)

Na Figura 12 a seguir, é mostrado um quadro onde está instalado banco de capacitores controlados automaticamente.



Figura 14: Banco de capacitor instalado.

Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br>. Acesso 3 mar. 2020.

## LOCALIZAÇÃO DO BANCO DE CAPACITORES

De acordo com CREDER (2016), o banco de capacitores pode situar-se nos seguintes pontos:

### No lado de alta tensão dos transformadores (tipo centralizado)

Nesse local, a correção ocorre na entrada da energia de alta tensão, ou seja, o fator de potência corrigido é aquele visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência e o custo é elevado.

No entanto, há a desvantagem de esse procedimento não aliviar a carga no transformador, uma vez que a corrente do capacitor entra pelo transformador. Dessa forma, a empresa não é multada, uma vez que seu capacitor gerou reativo, mas o transformador continua sobrecarregado.

De acordo com CREDER (2016):

Esta solução deverá ser objeto de análise técnica e econômica, devido ao custo dos equipamentos de manobra e proteção e uma vez que os bancos de capacitores instalados em alta tensão devem, preferencialmente, ser chaveados o mínimo possível, em virtude das sobretensões e sobrecorrentes transitórias decorrentes desses chaveamentos. (2016, p. 302).

### **Nos barramentos secundários dos transformadores (tipo centralizado):**

De acordo com WEG (2009), a correção na entrada da energia de baixa tensão: permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de capacitores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização poucos uniformes. A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.

### **Nos barramentos secundários onde exista um agrupamento de cargas indutivas (tipo distribuído)**

Nesse caso, conforme WEG (2009), a correção se dá por grupos de cargas: o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (<10 cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento.

### **Junto às grandes cargas indutivas (tipo individual)**

Nesse caso, conforme WEG (2009), ocorre uma correção localizada: é obtida instalando-se os capacitores junto ao equipamento que se pretende corrigir o fator de potência. Representa, do ponto de vista técnico, a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens:

- Reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
- Diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
- Pode-se utilizar em sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
- Gera potência reativa somente onde é necessário.

A figura 16 a seguir indica os pontos onde podem ser inseridos bancos de capacitores para correção do fator de potência em uma planta de cargas.

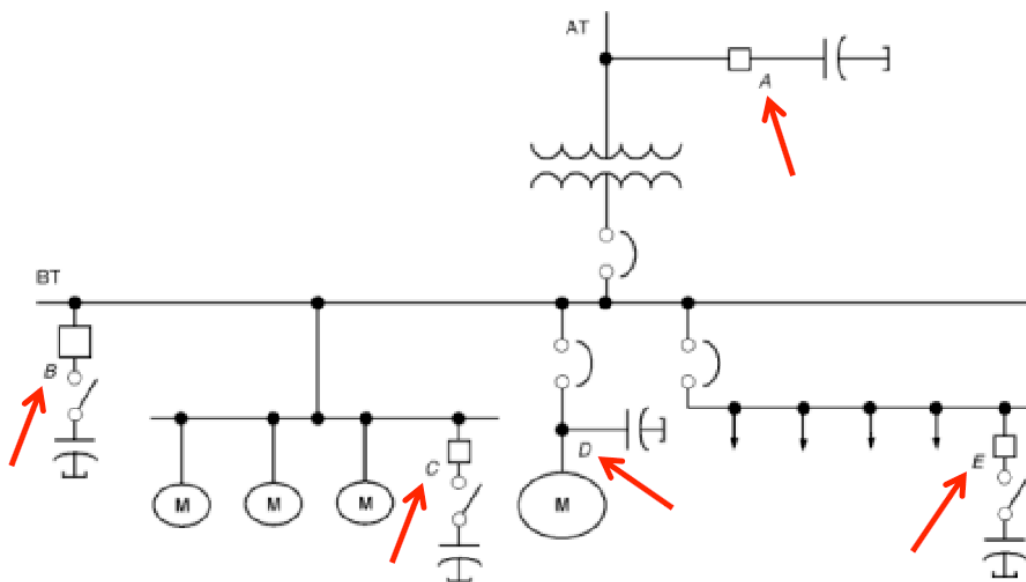


Figura 15: Sítios onde podem ser inseridos BC's.

Fonte: CREDER (2016).

A figura 17 a seguir indicar a posição de um banco de capacitores em um circuito de acionamentos de motores

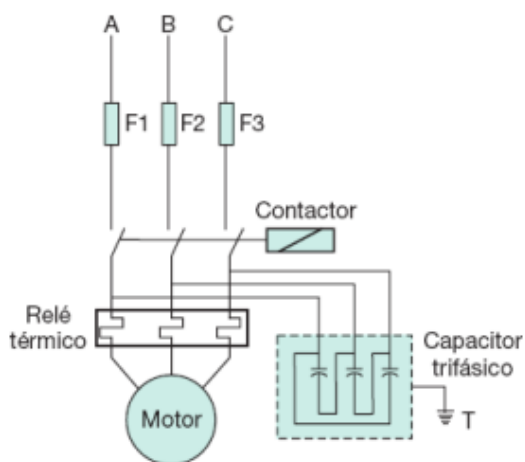


Figura 16: Localização do BC no acionamento de um motor.

Fonte: CREDER (2016).

# INSTALAÇÃO DE UM BANCO DE CAPACITORES CONTROLADO AUTOMATICAMENTE EM UMA FÁBRICA DE SEMIJOIAS

## A EMPRESA

Como local de aplicação do presente estudo, foi analisada uma fábrica de semijoias, a qual se situa na Av. Barão do Rio Branco, 620 - Jardim Luz, Aparecida de Goiânia - GO. Vide a seguir imagens topográfica e fachada do estabelecimento.

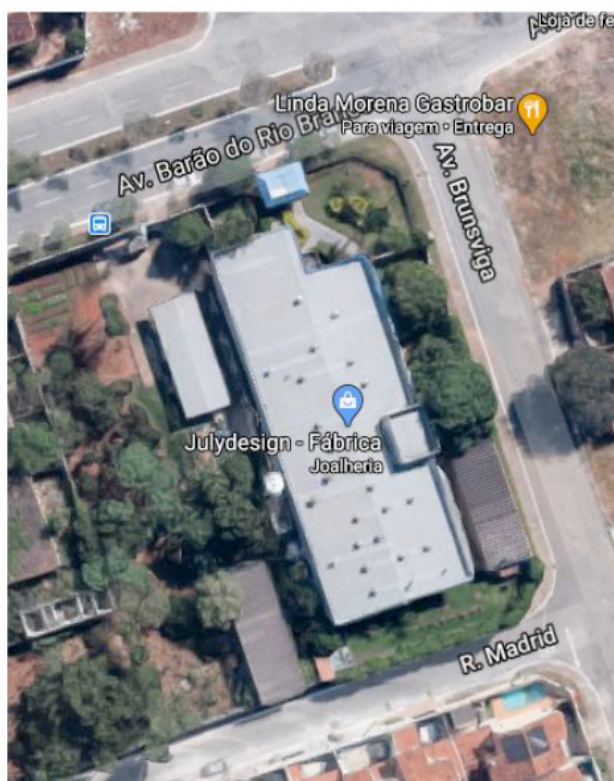


Figura 17: Imagem de satélite da fábrica de semijoias.

Fonte: <https://goo.gl/maps/75LA7CdkcdtRNswV6>. Acesso: 2 set. 2020.

A figura 18 a seguir mostra a fachada da fábrica onde foi analisada a planta industrial, notadamente a carga e potência consumida.



Figura 18: Imagem da fachada da fábrica de semijoias.

Fonte: <https://goo.gl/maps/V8PPLokQfsv7xrgf9>. Acesso: 2 set. 2020.

O problema constatado pela própria empresa foi a necessidade de se encontrar uma solução para que houvesse diminuição do valor da multa que estava incidindo em sua fatura de energia elétrica, imposta pela concessionária. A solução apresentada para esse caso, após análises dos parâmetros da instalação elétrica da empresa, foi a instalação de um Quadro de Banco Capacitor de 50 kVAR com funcionamento em automático/manual.

## LEVANTAMENTO DE CARGA E PROJETO

A empresa em questão foi submetida a um levantamento *in loco* da carga instalada, ou seja, foi verificada a quantidade de motores (carga indutiva) em operação na empresa.

A potência ativa dos motores presentes nas instalações da empresa apresenta o valor de 240 CV. Sabe-se que 1 CV equivale a 750W. Então a potência ativa total dos motores é de 180.000W, aproximadamente.

Sabe-se também que o  $FP_{\text{atual}}$  (fator de potência) atual) é de 0,85, dado especificado nos motores.

O  $FP_{\text{pretendido}}$  (fator de potência pretendido) foi de 0,94, valor acima do mínimo de 0,92. Essa diferença visa garantir uma margem de segurança para que o BC não trabalhe no limite.

Com base no triângulo de potências, foram efetuados os cálculos necessários para se chegar ao FP atual e, como base do FP pretendido, encontrar o valor da potência reativa mínima que o BC deverá apresentar, comercialmente:

$$FP_{\text{atual}} = \cos \alpha = 0,85$$

$$\cos^{-1} \alpha = 0,55$$

$$\tan 0,554811 = 0,619744$$

$$FP_{\text{pretendio}} = \cos \beta = 0,944811$$

$$\cos^{-1} \beta = 0,348166$$

$$\tan 0,348166 = 0,362952$$

$$Fator = (\tan 0,554811) - (\tan 0,348166) = (0,6197440) - (0,362952) = 0,256792$$

$$P_{\text{reativa}} = Fator \times P_{\text{aparente}}$$

$$P_{\text{reativa}} = 0,256792 \times 180000 = 46222,56Var = \mathbf{47kVar}$$

$$VALOR DO BC = \mathbf{50kVar}$$

Dessa análise foram obtidos os parâmetros necessários para o dimensionamento do banco de capacitores, constante no Anexo 1, para a adequação do valor de fator de potência ao limite mínimo imposto pela legislação, ou seja, 0,92. O banco de capacitores considerado deve ser de 50kVar, já que o dimensionamento indicou um valor de 47kVar.

Já as contadoras foram dimensionadas de acordo com as potências reativas de cada célula capacitiva, onde foram utilizados os valores comerciais.

Quanto ao disjuntor, seu dimensionamento baseou-se na corrente de referencia de cada célula e multiplicamos por 1,5 para se obter a corrente nominal do disjuntor.

O fator 1,5 refere-se à tolerância de 50% da corrente da célula, já que, no instante em que a contadora atraca para inserção da célula, a corrente aumenta de 30 a 40% em relação ao valor de referencia, para não ocorrer o desarmamento do disjuntor.

## PROJETO DE INSTALAÇÃO

Com base no levantamento de carga realizada na fábrica, foi elaborado um projeto elétrico de instalação do banco de capacitores, utilizando-se o programa computacional *Autocad*, versão 2013, conforme Anexo 3. Nele constavam as conexões que foram realizadas, além da disposição dos componentes e equipamentos utilizados.

## PROCEDIMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Dentre os modelos de banco de capacitores disponíveis no mercado, foi selecionado um banco com chave seletora disponível para o usuário utilizá-lo em um dos dois modos: ou automático ou manual. No primeiro modo, o controlador insere, de forma autônoma, a quantidade de células capacitivas necessárias para a correção. No segundo, o próprio usuário define qual o estágio necessita inserir para efetuar a correção.

Dentre os materiais utilizados, destaca-se o controlador, o qual possui as seguintes características: Controlador Fator de Potência 12 estágios – SMART CAP 200-12, o qual controla de forma automática bancos de capacitores de 6 ou 12 estágios em redes monofásicas, podendo atuar também no controle de redes trifásicas equilibradas, mantendo o fator de potência dentro de uma faixa programada. A figura 19, a seguir, ilustra um controlador semelhante ao utilizado na instalação em estudo:



Figura 19: Controlador utilizado na instalação.

Fonte: <https://ims.ind.br/controladores/>. Acesso: 13 nov. 2020.

Os demais componentes utilizados na instalação estão discriminados no Anexo 2.

Foi realizado orçamento para a instalação do banco de capacitor, cujo material está discriminado no Anexo 2. Tal orçamento foi composto por materiais e mão-de-obra, o qual apresentou os seguintes valores: R\$ 6297,40 e R\$ 1300,00 respectivamente.

## MONTAGEM E EXECUÇÃO

Após alinhamento com a demanda da empresa, ou seja, o problema constatado e opções de soluções apresentadas, iniciou-se a confecção do projeto, levantamento de materiais e instalação do banco de capacitores e demais equipamentos acessórios.

Para operação de forma mais precisa, o banco de capacitores foi dividido em cinco estágios:

- Um estágio de 15kVar;
- Um estágio de 5kVar;
- Três estágios de 10kVar.

Esse parcelamento faz com que a inserção de carga capacitiva ocorra de forma mais precisa. A cada estágio inserido, o fator de potência é modificado. Seu valor é atualizado e lido pelo por um sensor eletrônico do controlador, que avalia a necessidade se acrescentar outro estágio no sistema. Esse acréscimo ocorre com o envio de sinais elétricos pelo controlado às contadoras, que acionam os estágios do banco de capacitores. Esse processo ocorre até que o FP atinja o valor mínimo de 0,92, o qual foi previamente ajustado no controlador.

Se o controlador verificar a necessidade de diminuir a quantidade de estágios ele vai desligar o estágio que estava em funcionamento e vai adicionar outro estágio menor, até se aproximar do valor de FP ajustado.

Quanto à instalação do BC, foi realizada seguindo as seguintes etapas:

- 1º. Confecção do *layout*: desenho esquemático com as dimensões do quadro, incluindo todos os seus itens, preparando-o para a montagem do painel.
- 2º Execução do *layout*: nessa fase foi realizada a pré-montagem, onde as canaletas foram fixadas, os trilhos para equipamentos DIN, realização dos furos para os *leds* e comutadoras e os cortes para fixação dos ventiladores e venezianas e do controlador de fator de potência.
- 3º Fixação dos equipamentos: nessa fase são fixados os disjuntores e contadoras, além das células capacitivas.
- 4º Energização do painel, onde se alimentam os disjuntores parciais através do disjuntor geral. Em seguida, interligam-se as contadoras e, após isso, as células capacitivas.

5º Comando do painel: Nessa etapa alimenta-se o controlador do fator de potência, dividindo os estágios assim como planejado. Nessa etapa ocorre o processo de alimentação dos ventiladores que foi idealizado no modo “fim de curso”, ou seja, assim que o painel é fechado, o ventilador já está em funcionamento, evitando assim um aquecimento nos equipamentos.

6º Acabamento: instalando-se as abraçadeiras e as tampas de todas as canaletas.

As figuras 21 a 24 ilustram parte do processo de montagem do quadro:



Figura 20: Quadro em fase de montagem

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Figura 21 - Parte interna da porta do quadro  
 Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Figura 22 - Capacitores e disjuntores em fase de montagem  
 Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

Antes da entrada em operação, foi feito o teste do painel, onde se verificou o estado e condições de todos os equipamentos e seu funcionamento.

Após o término dos testes, foi parametrizado no controlador o valor mínimo de 0,92 para fator de potência, além de registrados todos os estágios. Dessa forma, o controlador definirá qual o melhor estágio para determinada situação, tornando o BC extremamente eficiente.

A referida instalação foi realizada em 15 horas, aproximadamente. As figuras 24 a 27 ilustram o quadro já instalado e apto para operar:



Figura 23 - Quadro após a instalação

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Figura 24 - Parte frontal do controlador automático

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Figura 25 - Parte interna da porta do QGBT

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).



Figura 26 - Capacitores e disjuntores após a energização  
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2020).

# CRONOGRAMA

Foi elaborado um cronograma com as etapas imprescindíveis e as respectivas datas que precederam a instalação banco de capacitores controlado automaticamente. As etapas e datas estão descritas no quadro 1 mostrado a seguir:

Análise do sistema de energia para um controle de fator de potência.	03/01/2020
Mensuração do fator de potência através de um analisador de energia.	03/01/2020
Análise do relatório do analisador de energia.	12/08/2020
Cálculo da quantidade de carga capacitiva para se corrigir o fator de potência.	13/08/2020
Análise do local onde o banco de capacitor automático será inserido.	14/08/2020
Confecção do projeto do banco de capacitores.	20/08/2020 a 28/08/2020
Instalação do banco de capacitores controlado automaticamente.	15/10/2020
Testes e comissionamento da instalação realizada	16/10/2020
Início do funcionamento da instalação realizada	17/10/2020

Quadro 1: Cronograma das atividades.

Fonte: Próprio autor (2020).

## CONCLUSÃO

O baixo fator de potência, conforme descrito no presente trabalho, implica na imposição de multas por partes das concessionárias de energia elétrica, já que evidencia que a empresa está consumindo energia reativa além do que limite previsto na legislação. A solução apresentada, qual seja, a inserção de banco de capacitores na instalação, foi a mais indicada.

Como exemplo, foi realizada a avaliação do consumo de energia de uma fábrica de semijoias e se constatou que era necessária a inserção de um banco de capacitores para compensar o baixo FP, conforme a legislação.

Para que a atuação do banco de capacitores ocorresse de forma eficiente, foi utilizado um sistema controlado automaticamente. Ademais, a configuração dos estágios de inserção, tornou seu funcionamento ainda mais eficaz.

Após a inserção de um banco de capacitores apropriados, foi verificado o FP através de um analisador de rede, fabricante IMS, modelo P-600 g4.

Trata-se de um analisador e registrador portátil de grandezas elétricas, projetado para realizar medições em sistemas de distribuição. Pode ser usado para medir valores instantâneos, agregados e estatísticos, para o monitoramento local ou remoto da energia elétrica. A figura 19 a seguir mostra um analisador do mesmo modelo utilizado no presente estudo:



Figura 27: Analisador de energia.

[https://ims.ind.br/downloads/catalogos/catalogo\\_PowerNET\\_P600\\_G4.pdf](https://ims.ind.br/downloads/catalogos/catalogo_PowerNET_P600_G4.pdf). Acesso: 17 nov. 2020.

As medições foram efetuadas no QGBT (quadro geral de baixa tensão), durante 3 dias consecutivos, sendo que as integrações ocorriam em intervalos de um minuto.

Verificou-se que o fator de potência se manteve em valores maiores que 0,92, conforme coluna PF, constante na planilha do Anexo 4, deste trabalho.

Importante destacar que para a realização da pesquisa e entendimento do assunto, estão sendo utilizados os conteúdos de várias disciplinas cursadas na grade curricular de Engenharia Elétrica da UNIGOIÁS, dentre as quais se destacam: Circuitos Elétricos, Instrumentação e Medição, Instalações Elétricas Industriais, Sistemas elétricos de Potência, Máquinas Elétricas e Automação industrial.

## REFERÊNCIAS

ANELL. **Resolução 414/2020, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso: 18 set. 2007.

BOYLESTAD, R. L. **Introdução à análise de circuitos**. 12ª ed. São Paulo. PERSON, 2012.

BRASIL, **DECRETO Nº 62.724, DE 17 DE MAIO DE 1968**, Art. 7. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/Antigos/D62724.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D62724.htm). Acesso em: 11 de mar. 2020.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 16ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

IRWIN, J. D. **Análise de circuitos em engenharia**. 4ª ed. São Paulo. PERSON, 2000.

LEAL, M. L. **Apostila – Correção do fator de potência**. 2020.

LEAL, M. L. **Apostila – Tarificação de energia elétrica**. 2020.

MAMEDE Fº, J. **Instalações elétricas industriais**. 9ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2016.

MANUAL para correção de fator de potência. WEG, 2019. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hea/h8b/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em 15 de mai. de 2020.

PINTO, M. **Energia Elétrica – Geração, Transmissão e Sistemas Interligados**. Rio de Janeiro. LTC, 2014.

# ANEXOS

## ANEXO 1 – DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES

### CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

Potência em CV: 240 CV  
Potência Ativa do Motor - PE= 180000 Watts  
Potência Aparente do Motor - PA= 211764,7 VA  
Fator de Potência Atual: 0,85  
Fator de potência pretendido: 0,94

Alterar a calculadora para Radianos:

Cos -1 Fator de potência atual: 0,554811  
Cos -1 Fator de potência desejado: 0,348166

Extrair a tangente do resultado do Cos-1 do fator de potência atual

Tan FP ATUAL: 0,619744  
Tan FP DESEJADO: 0,362952

Subtrair as tangentes para obter o fator multiplicador:

Fator: 0,256793

Para obter o valor do capacitor : Multiplicar a potência efetiva pelo fator multiplicador encontrado

Valor do capacitor = PE\*FATOR

Valor do Banco= 47 KVar Valor comercial: 50 KVar

CARGA	QTDE	POTÊNCIA	CV TOTAL
2 MOTORES 50 CV	2	50	100
1 MOTOR 15 CV	1	15	15
6 MOTORES DE 5CV	6	5	30
10 MOTORES DE 2CV	10	2	20
5 MOTORES DE 3CV	5	3	15
6 MOTORES DE 10CV	6	10	60
			240

### CONTROLADOR AUTOMÁTICO

ESTÁGIOS 5

COMPOSIÇÃO DAS CÉLULAS												
TOTAL KVAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ESTÁGIOS	15	10	10	10	5		0	0	0	0	0	0
CONTATOR	25	12,5	12,5	12,5	12,5	0	0	0	0	0	0	0
DISJUNTOR	63 A	50 A	50 A	50 A	25 A							

## ANEXO 2 – MATERIAIS UTILIZADOS

Para a realização da montagem do painel foi utilizada e cotada a lista de materiais que se encontra abaixo:

- Quadro comando 800x600x250 com flange – 1 unidade
- Disjuntor Caixa moldada Tripolar 125 A – 1 unidade
- Disjuntor Tripolar 63 A – 1 unidade
- Disjuntor Tripolar 50 A – 3 unidades
- Disjuntor Tripolar 25 A – 1 unidade
- Disjuntor Tripolar 10 A – 1 unidade
- Contator para Capacitor 12,5 KVAR 380V – 4 unidades
- Contator para Capacitor 25 KVAR 380V – 1 unidade
- Célula Trifásica 5 kVar – 1 unidade
- Célula Trifásica 10 kVar – 3 unidade
- Célula Trifásica 15 kVar – 1 unidade
- Comutadora 3 pos – 5 unidades
- Sinalizador led vermelho/ 220V – 5 unidades
- Controlador Fator de Potencia 12 estágios – SMART CAP 200-12 – 1 unidade
- Ventilador 120x120 – 1 unidade
- Veneziana 120x120 – 1 unidade
- Trilho perfurado
- Canaleta 80x50mm – 2 unidades
- Canaleta 30x30mm
- Fim de Curso – 1 unidade
- Barra de terra (10 furos) – 1 unidade
- Barra de neutro (10 furos) – 1 unidade
- Borne sak 2,5mm de mola – 4 unidades
- Barramento isolado trifásico – 57 pinos
- Terminal ES/35 – 3 unidades
- Terminal olhal 50mm – 3 unidades
- Terminal Tubular 50mm – 3unidades
- Terminal tubular 16mm – 10 unidades

- Terminal Tubular 10mm – 40 unidades
- Terminal Tubular 4mm – 40 unidades
- Terminal Tubular 1mm – 100 unidades
- Terminal Tubular Duplo 1mm – 100 unidades
- Cabo isolado flexível 4mm preto - 5 metros
- Cabo isolado flexível 4mm branco - 5 metros
- Cabo isolado flexível 4mm vermelho - 5 metros
- Cabo isolado flexível 10mm branco - 5 metros
- Cabo isolado flexível 10mm preto - 5 metros
- Cabo isolado flexível 10mm vermelho - 5 metros
- Cabo isolado flexível 16mm branco - 2 metros
- Cabo isolado flexível 16mm preto - 2 metros
- Cabo isolado flexível 16mm vermelho - 2 metros
- Cabo isolado flexível 1mm preto - 50 metros
- Cabo isolado flexível 50mm preto - 2 metros
- Spiral Tube – 1 metro
- Placa advertência – 1 unidade
- Placa atenção – 1 unidade
- Placa Triângulo – 1 unidade

## ANEXO 3 – PROJETO DE INSTALAÇÃO

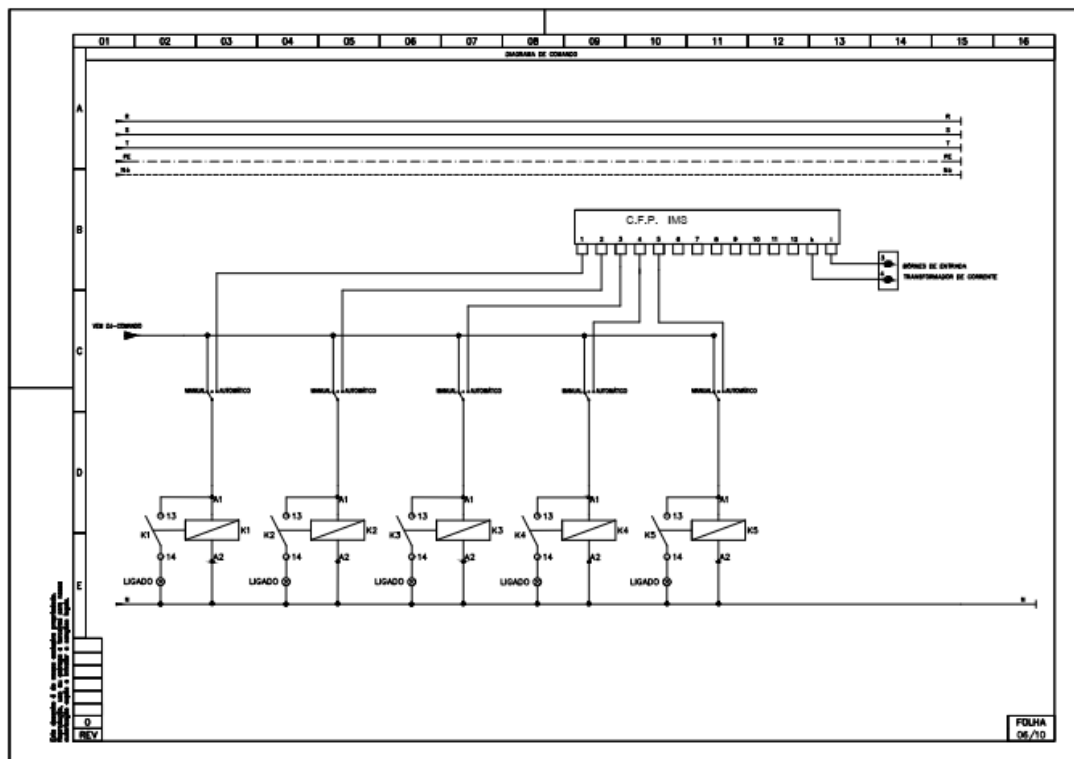
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
A																
B																
C	<p style="text-align: center;"><b>QUADRO ELÉTRICO DE COMANDO E FORÇA PARA BANCO DE CAPACITORES QF - BC</b></p>															
D																
E																
													JULY BRUX			
													QUADRO ELÉTRICO DE COMANDO E FORÇA QF-BC			
	O	EMISSION INICIAL	28/08/20					PROJETO: Leonardo - Alyson	DATA	28/08/20			APROVAÇÃO:	DATA: 28/08/20	FOLHA	
	REV	MODIFICAÇÃO	DATA	REVISÃO	VISTO			DESENHO: Leonardo - Alyson	DATA	28/08/20			Nº DESENHO:	REV: 0	01/10	

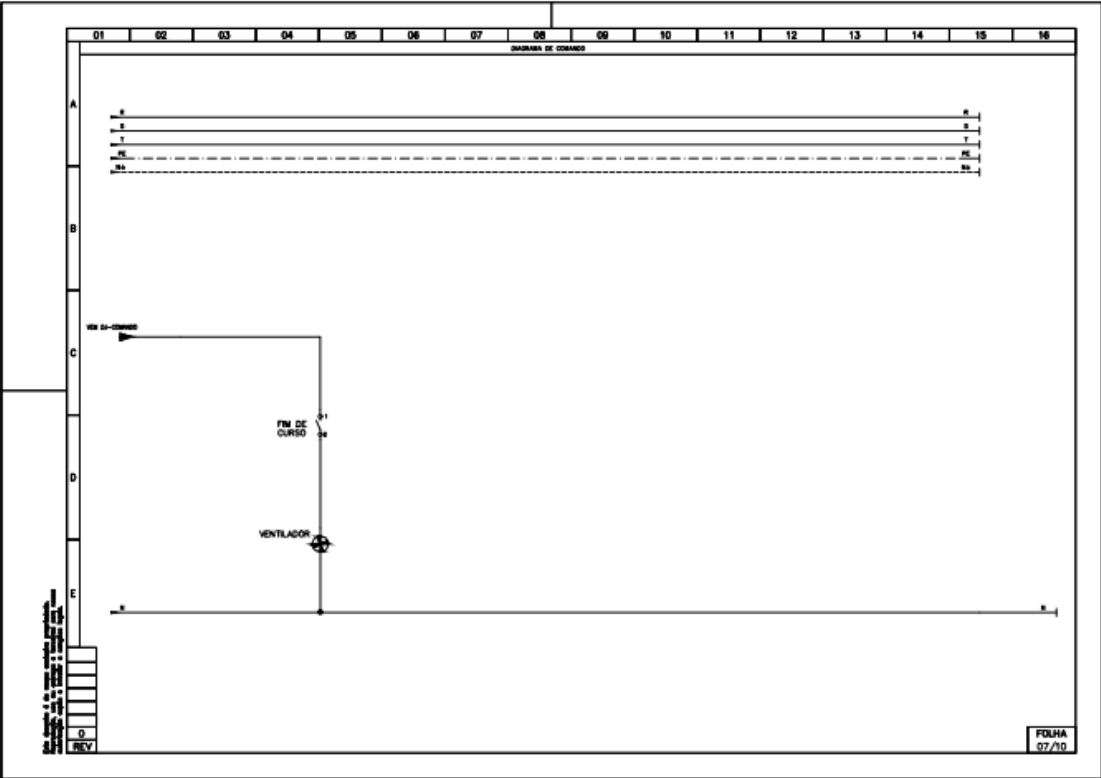
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
NOTAS - PAINÉIS B.T.																
A	<p>1 - NORMA REFERENCIAL: 1.1-ABNT 1.2-NR10</p> <p>2 - PROCESSO DE TRATAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DOS BARRAMENTOS: 2.1-CIRCUITO CA: FASES - BANHO DE PRATA (MONTADOS SOBRE ISOLADORES) E PROTEGIDO CONTRA TOQUES ACIDENTAIS COM POLICARBONATO TRANSPARENTE 4mm2 NEUTRO - BANHO DE PRATA (MONTADOS SOBRE ISOLADORES) TERRA - BANHO DE PRATA</p> <p>3 - CORES DA FIAÇÃO E BARRAMENTOS: 3.1-CIRCUITO CA: FASE E INTERMEDIÁRIO - VERMELHO, BITOLA: 1,5mm2 NEUTRO - VERMELHO, BITOLA: 1,5mm2 TERRA - VERDE/AMARELO, BITOLA: 1,5mm2 CIRCUITO DE CORRENTE - PRETO, BITOLA: 2,5mm2 3.2-CIRCUITO CC: (+) POSITIVO - VERMELHO, BITOLA 1,0mm2 (-) NEGATIVO - PRETO, BITOLA 1,0mm2</p> <p>3.3-BARRAM. DE FORÇA: R- PRETO S- CINZA T- VERMELHO N- AZUL CLARO T- VERDE (BARRAM. TOTALM. PRATEADOS IDENT. SOM. NAS EXTREM.)</p> <p>DRE: 1- FIAÇÃO FLEXÍVEL, CLASSE DE ISOLAÇÃO 450/750V, TEMPERATURA 70°C 2- AS EXCESSOS SERÃO INDICADAS NA RESPECTIVA FIAÇÃO.</p> <p>4 - ANILHAMENTO DA FIAÇÃO: 4.1- O FIO É IDENTIFICADO COM ANILHAS NAS DUAS EXTREMIDADES DOS CABOS CONFORME O PROCEDIMENTO ABAIXO:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>4.2- NOMENCLATURA DOS COMPONENTES [X] NÚMERO SEQUENCIAL [ ] TIPO DE COMPONENTE</p> <p>5 - AMBIENTE: 5.1- ADESSIVO: <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> NÃO 5.2- GRUPO: <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> NÃO 5.3- PROXIMIDADE DO MAR: <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> NÃO 5.4- TEMPERATURA AMBIENTE MAIOR QUE 40°C: <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> NÃO 5.5- ALTITUDE ACIMA DE 1000m/NÍVEL DO MAR: <input type="checkbox"/> SM <input type="checkbox"/> NM <input type="checkbox"/> NÃO 5.6- INSTALAÇÃO: <input type="checkbox"/> ABRIGADA <input type="checkbox"/> AO TEMPO 5.7- GRAU DE PROTEÇÃO: <input type="checkbox"/> IP-44 <input type="checkbox"/> IP-55</p>															
B	<p>6 - ESTRUTURAL: 6.1- CANAL: <input checked="" type="checkbox"/> AÇO CARBONO <input type="checkbox"/> INOX 6.2- ESPESSURA CHAMPANÉ ESTRUTURA = 1,3mm; PORTAS = 14mm; LATERAIS = 10mm 6.3- ACESSÓRIOS: PORTAS FRONTAL INTERNA P/BOTÕES: <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO TELHADO: <input type="checkbox"/> CIMENTO TRASEIRO <input type="checkbox"/> CIMENTO FRONTAL PLACA DE MONTAGEM: <input type="checkbox"/> INTERNA <input type="checkbox"/> MODULAR 6.4- PROTETOR: <input type="checkbox"/> PAINEL CINZA MARFEL NELS <input type="checkbox"/> PLACA LARINHA RAL 2003 6.5- ESPESSURA: ESPESSURA FINAL DA CANAL 80 MICAS</p> <p>7 - CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS: 7.1- TENSÃO DE OPERAÇÃO: 380V 7.2- FREQUÊNCIA: 60Hz 7.3- CORRENTE DE CURTO - CIRCUITO SIMÉTRICO (sc): 7.4- CORRENTE NOMINAL DO BARRAMENTO: 7.5- CLASSE DE ISOLAÇÃO: 0,69kV 7.6- TENSÃO DE SERVIÇOS AUXILIARES: 220Vac 7.7- TENSÃO DE CONTROLE: 220Vac/24Vdc</p> <p>8 - REQUISITOS DE OPERAÇÃO (ATIVIDADE CRÍTICA): 8.1- REAPORTAR CONEXÕES ELÉTRICAS ANTES DA OPERAÇÃO 8.2- QUANDO O PAINEL FOR IÇADO UTILIZAR OS DISPOSITIVOS DE IÇAMENTO DE MANEIRA QUE O PESO DO PRODUTO FIQUE DISTRIBUÍDO DE FORMA HOMOGÊNEA.</p> <p>9 - ARMAZENAMENTO, EMBALAGEM, PRESERVAÇÃO E GARANTIA: 9.1- O PAINEL DEVERÁ SER TRANSPORTADO, ACONDICIONADO E ARMAZENADO COM CUIDADO SENDO OBSERVADO OS SEGUINTES ITENS: 9.1.1- TRANSPORTAR O PAINEL SEMPRE COM A BASE PARA BAIXO, OBSERVANDO QUE O MESMO NÃO PODE SER TRANSPORTADO DEITADO OU SÓLTO SEM ABAIXAÇÃO. 9.1.2- A EMBALAGEM DO PAINEL DEVERÁ PROTEGER TODAS AS LADOS, PRINCIPALMENTE OS LUGARES QUE SERVIRÃO PARA SUSTENTAÇÃO NA HORA DO TRANSPORTE, COMO ABAIXAÇÃO. 9.1.3- POR MOTIVO DE SEGURANÇA NÃO RECOMENDAMOS QUE O PAINEL SEJA ACONDICIONADO EM LOCAL IMPROPRIO, SUJEITO A INTENSIDADES CLIMÁTICAS. 9.2- PARA MANTER O PRODUTO PRESERVADO, O MESMO DEVE SER ARMAZENADO EM LOCAL ABRIGADO, SECO E NÃO CORROSIVO. 9.3- ATENDIMENTO AO CLIENTE (0xx462 3254-8018 ou E-mail: automacao@eletronenergia.com.br)</p> <p>10- GERAL 11.1- DIVERGÊNCIA ENTRE COTA E DESENHO, PREVALECE O INDICADO NA COTA. 11.2- TODAS AS COTAS EM mm (VARIAÇÃO TOLERÂNCIA -0,05) 11.3- RELAÇÃO DE PLACAS CONFORME LISTA DE PLACAS 11.4- ENTRADA E SAÍDA DE CABOS PELA PARTE INFERIOR DO PAINEL</p>															
C	<p>0 EMISSÃO INICIAL 28/08/20</p> <p>REV MODIFICAÇÃO DATA REVISÃO VISTO</p>															
D	<p>PROJETO: Leonardo - Alyson DATA 28/08/20</p> <p>DESENHO: Leonardo - Alyson DATA 28/08/20</p> <p>ARQUIVO: DATA 28/08/20</p> <p>APROVAÇÃO: DATA: 28/08/20 FOLHA</p> <p>Nº DESENHO: REV: 0 02/10</p>															
E	<p style="text-align: right;">JULY BUJOUX</p> <p>QUADRO ELÉTRICO DE FORÇA E COMANDO DE BANCO CAPACITIVO QF-BC</p>															

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16																	
PÁGINA		DESCRIÇÃO						REVISÃO	PÁGINA		DESCRIÇÃO						REVISÃO
A	01	CAPA						0									
	02	FOLHA DE NOTAS						0									
	03	ÍNDICE						0									
	04	SINÓLOGIA						0									
	05	DIAGRAMA FORÇA						0									
B	06	DIAGRAMA COMANDO						0									
	07	DIAGRAMA COMANDO						0									
	08	DIAGRAMA COMANDO						0									
	09	REGRA DE BORNES						0									
	10	LAYOUT						0									
C																	
D																	
E																	
								JULY BIJOUX									
								QUADRO ELÉTRICO DE FORÇA E COMANDO DE BANCO CAPACITIVO									
								QF – BC									
PROJETO: Leonardo – Algren								DATA: 28/08/20									
DESENHO: Leonardo – Algren								DATA: 28/08/20									
ARQUIVO:								DATA: 28/08/20									
0 EMISSÃO INICIAL								28/08/20									
REV. MODIFICAÇÃO								DATA REVISÃO VISTO									
								APROVAÇÃO: DATA: 28/08/20 FOLHA									
								N° DESENHO: REV: 0 03/10									

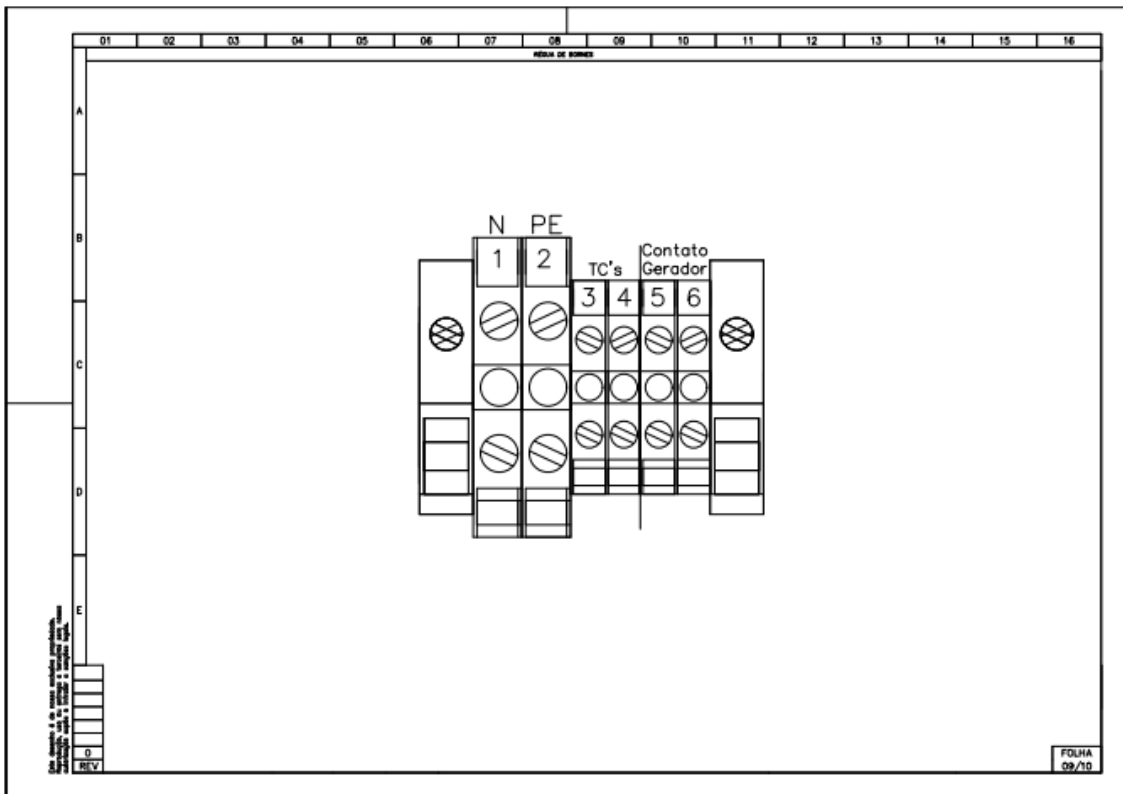
01 - Projeto e 02 - Mapa de distribuição elétrica  
 03 - Diagrama de força e 04 - Diagrama de comando  
 05 - Diagrama de força e 06 - Diagrama de comando  
 07 - Diagrama de força e 08 - Diagrama de comando  
 09 - Regra de bornes e 10 - Layout













# ANEXO 4

Registro	V avg [V]	Van [V]	Vbn [V]	Vcn [V]	PF	LC	P [W]	Pa [W]	Pb [W]	Pc [W]	S [VA]	F [Hz]	In [A]
12/08/2020 12:30	215,82	215,81	215,72	215,93	0,95	IND	-2888,23	9593,71	-6224,14	-6257,8	3053,54	60,01	77,37
12/08/2020 12:45	216,47	216,37	216,52	216,52	0,98	IND	5532,71	5532,71	0	0	5636,77	60,04	26,05
12/08/2020 13:00	214,96	214,89	215,06	214,94	0,99	IND	-5911,15	12069,96	-9776,94	-8204,18	5957,36	60	97,64
12/08/2020 13:15	214,35	214,5	214,01	214,54	0,99	IND	-6808,66	7870,09	-8043,08	-6635,67	6865,13	59,99	70,98
12/08/2020 13:30	213,16	212,92	213,17	213,4	0,97	IND	-7343,36	16323,38	-12501,4	-11165,3	7596,29	60	133,43
12/08/2020 13:45	212,56	212,45	212,07	213,15	0,99	IND	-19380,4	20904,14	-25368,4	-14916,1	19612,2	60,01	194,65
12/08/2020 14:00	212,96	213,17	212,34	213,38	1	CAP	-19085	15315,27	-22068,5	-12331,9	19134,95	60	160,3
12/08/2020 14:15	213,88	213,64	213,71	214,29	0,99	IND	-10993,2	18180,65	-16500,9	-12673	11073,27	59,97	155,82
12/08/2020 14:30	212,81	212,78	212,23	213,41	0,98	IND	-22097,2	23214,06	-27647,8	-17663,5	22458,75	60,03	218,87
12/08/2020 14:45	213,16	212,81	213,02	213,66	0,99	IND	-7737,81	16055,32	-15538,4	-8254,74	7806,8	60	131,04
12/08/2020 15:00	213,57	213,47	213,55	213,7	0,98	IND	-6324,04	11021,79	-9267,42	-8078,41	6462,46	60,02	91,65
12/08/2020 15:15	213,99	213,65	213,89	214,44	1	IND	-7663,98	16922,84	-15322,2	-9264,6	7673,41	60,02	135,83
12/08/2020 15:30	213,23	212,65	213,46	213,57	1	IND	-13307	27341,48	-22755	-17893,5	13336,52	60	219,35
12/08/2020 15:45	212,95	212,4	213,1	213,37	1	IND	-7286,1	25149,64	-18419,6	-14016,2	7303,42	59,99	192,4
12/08/2020 16:00	212,82	212,43	212,8	213,23	0,99	IND	-14688,4	24517,13	-22773,8	-16431,7	14879,51	59,99	204,63
12/08/2020 16:15	214,56	214,43	214,54	214,71	1	IND	-12611,2	19631,07	-16205,4	-16036,8	12623,33	60,02	166,15
12/08/2020 16:30	214,59	214,45	214,33	215	0,98	IND	-8208,06	12972,45	-11663,3	-9517,24	8351,16	60,02	113,34
12/08/2020 16:45	214,98	214,99	214,74	215,21	0,98	IND	-8718,48	11790,49	-11460,3	-9048,67	8919,47	60,01	104,41
12/08/2020 17:00	215,88	215,88	215,82	215,96	0,99	IND	-9982,05	15286,93	-12987,3	-12281,7	10055,71	60,02	131,85
12/08/2020 17:15	216,72	216,62	216,68	216,86	1	IND	-9523,31	11636,16	-11930,2	-9229,27	9553,71	60,01	100,83
12/08/2020 17:30	216,75	216,85	216,64	216,77	0,93	CAP	-4808,24	7033,15	-6544,66	-5296,72	5158,1	60	62,76
12/08/2020 17:45	217,86	217,94	217,86	217,79	0,95	IND	-4221,1	6396,13	-6055,61	-4561,62	4456,9	60,01	55,65
12/08/2020 18:00	217,49	217,67	217,59	217,22	0	RES	0	0	0	0	0	60,03	0
12/08/2020 18:15	215,67	215,72	215,6	215,7	0	RES	0	0	0	0	0	60,01	0
12/08/2020 18:30	215,74	215,81	216,01	215,39	0	RES	0	0	0	0	0	60,03	0
12/08/2020 18:45	215,18	215,27	215,3	214,97	0	RES	0	0	0	0	0	60	0
12/08/2020 19:00	218,02	218,13	218,22	217,71	0	RES	0	0	0	0	0	59,99	0
12/08/2020 19:15	220,23	220,23	220,47	219,99	0	RES	0	0	0	0	0	60,03	0
12/08/2020 19:30	221,13	221,31	221,21	220,88	0	RES	0	0	0	0	0	60,02	0
12/08/2020 19:45	221,72	221,91	221,67	221,57	0	RES	0	0	0	0	0	60,03	0
12/08/2020 20:00	220,18	220,21	220,27	220,07	0	RES	0	0	0	0	0	59,96	0
12/08/2020 20:15	220,92	221,26	220,91	220,61	0	RES	0	0	0	0	0	60	0

12/08/2020 20:30	221,68	221,94	221,5	221,6	1 IND	-8255,58	0	-8255,58	0	8258,59	60,01	37,28
12/08/2020 20:45	221,41	221,47	221,21	221,56	1 IND	-8208,05	0	-8208,05	0	8210,89	60,04	37,12
12/08/2020 21:00	221,59	221,73	221,31	221,73	1 IND	-8274,76	0	-8274,76	0	8280,22	59,98	37,41
12/08/2020 21:15	221,03	221,27	220,67	221,15	1 IND	-8225,6	0	-8225,6	0	8230,37	60,02	37,3
12/08/2020 21:30	221,1	221,21	221,16	220,92	0 RES	0	0	0	0	0	59,96	0
12/08/2020 21:45	221,42	221,5	221,53	221,24	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
12/08/2020 22:00	222,17	222,18	222,34	221,98	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
12/08/2020 22:15	222,89	222,75	223,31	222,62	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	0
12/08/2020 22:30	223,18	223,32	223,4	222,81	0 RES	0	0	0	0	0	60,04	0
12/08/2020 22:45	223,56	223,48	223,75	223,44	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	0
12/08/2020 23:00	224,28	224,32	224,4	224,1	0 RES	0	0	0	0	0	60,05	0
12/08/2020 23:15	224,64	224,69	224,84	224,38	0 RES	0	0	0	0	0	60,07	0
12/08/2020 23:30	224,53	224,61	224,4	224,6	1 IND	-8479,14	0	-8479,14	0	8485,31	60,02	37,81
12/08/2020 23:45	225,38	225,33	225,56	225,24	0 RES	0	0	0	0	0	60,04	0
13/08/2020 00:00	225,66	225,44	226,01	225,52	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
13/08/2020 00:15	224,85	224,86	224,68	225,01	1 IND	-8456,22	0	-8456,22	0	8459,25	60	37,65
13/08/2020 00:30	225,54	225,52	225,64	225,46	0 RES	0	0	0	0	0	59,99	0
13/08/2020 00:45	225,86	225,74	226,04	225,81	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
13/08/2020 01:00	225,83	225,87	225,95	225,67	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
13/08/2020 01:15	225,91	225,82	226,06	225,84	0 RES	0	0	0	0	0	59,99	0
13/08/2020 01:30	226,18	226,13	226,37	226,05	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
13/08/2020 01:45	226,74	226,7	226,9	226,61	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
13/08/2020 02:00	226,34	226,24	226,51	226,25	0 RES	0	0	0	0	0	59,98	0
13/08/2020 02:15	226,67	226,63	226,9	226,49	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
13/08/2020 02:30	226,85	226,83	227	226,73	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	0
13/08/2020 02:45	226,9	227,01	226,73	226,96	1 IND	-8574,54	0	-8574,54	0	8577,84	60,04	37,83
13/08/2020 03:00	227,29	227,09	227,53	227,26	0 RES	0	0	0	0	0	60,05	0
13/08/2020 03:15	227	227,02	226,94	227,06	1 IND	-8570,12	0	-8570,12	0	8573,41	60	37,78
13/08/2020 03:30	227,22	227,13	227,46	227,09	0 RES	0	0	0	0	0	59,99	0
13/08/2020 03:45	227,23	227,32	227,04	227,31	1 IND	-8557,3	0	-8557,3	0	8560,64	59,99	37,7
13/08/2020 04:00	227,26	227,42	227,06	227,3	1 IND	-8746,23	0	-8746,23	0	8758,16	60,02	38,57
13/08/2020 04:15	227,41	227,34	227,69	227,21	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	0
13/08/2020 04:30	227,47	227,58	227,37	227,47	1 IND	-8562,02	0	-8562,02	0	8565,4	59,99	37,67
13/08/2020 04:45	227,48	227,39	227,72	227,35	0 RES	0	0	0	0	0	59,94	0
13/08/2020 05:00	226,94	227,06	226,75	227	1 IND	-8503,15	0	-8503,15	0	8506,43	59,93	37,51
13/08/2020 05:15	227,04	227,06	226,91	227,16	1 IND	-8504,57	0	-8504,57	0	8507,87	60,03	37,49
13/08/2020 05:30	226,86	226,95	226,67	226,96	1 IND	-8548,93	0	-8548,93	0	8555,6	60,05	37,74
13/08/2020 05:45	226,43	226,48	226,28	226,55	1 IND	-8443,67	0	-8443,67	0	8446,91	60,01	37,33
13/08/2020 06:00	226,41	226,44	226,18	226,6	1 IND	-8548,71	0	-8548,71	0	8554,48	60,03	37,82
13/08/2020 06:15	226,03	225,95	226,19	225,94	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
13/08/2020 06:30	227,24	227,21	227,4	227,1	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
13/08/2020 06:45	228,23	228,17	228,32	228,21	0 RES	0	0	0	0	0	59,99	0
13/08/2020 07:00	227,84	227,83	227,99	227,7	0 RES	0	0	0	0	0	59,95	0
13/08/2020 07:15	227,05	227,15	226,55	227,47	1 IND	-8462,84	0	-8462,84	0	8465,57	59,99	37,37
13/08/2020 07:30	225,66	225,05	225,9	226,02	0,9 IND	-1975,03	22256,02	-15544,7	-8686,38	2201,29	59,98	151,6
13/08/2020 07:45	225,12	224,83	224,96	225,58	0,98 IND	-4191,08	20272,08	-15963,9	-8499,23	4284,67	60,01	147,74
13/08/2020 08:00	223,58	223,08	223,16	224,51	1 IND	-10475,2	23395,75	-24342,3	-9528,62	10481,2	59,99	185,9
13/08/2020 08:15	223,2	222,5	223,11	223,98	0,99 IND	-3559,28	22306,22	-16501,6	-9363,94	3585,09	60,03	159,58
13/08/2020 08:30	222,62	222,42	222,4	223,03	0,99 IND	-9154,96	13995,53	-14668,2	-8482,24	9270,66	60,02	117,49
13/08/2020 08:45	221,73	221,49	221,41	222,28	0,99 IND	-9108,98	19866,82	-20318,5	-8657,35	9170,31	60,02	159,09
13/08/2020 09:00	222,78	222,85	222,29	223,21	0,99 IND	-12676,4	17739	-21247,1	-9168,3	12851,67	60,01	152,82
13/08/2020 09:15	222,78	222,65	222,35	223,34	0,98 IND	-10705,2	16316,47	-18335,6	-8686,08	10915,48	59,98	135,71
13/08/2020 09:30	222,83	222,68	222,81	222,98	0,94 IND	-6245,5	15316,64	-10514,2	-11048	6649,57	59,98	117,57
13/08/2020 09:45	222,27	222,22	221,76	222,84	0,98 IND	-13613,4	14679,52	-19776,9	-8516,02	13851,3	60,03	129,22
13/08/2020 10:00	221,42	221,32	220,94	222	0,99 IND	-14559,7	17612,36	-22148,3	-10023,7	14698,2	60	153,59
13/08/2020 10:15	221	220,66	220,95	221,4	0,88 IND	-3135,41	15386,1	-10808,3	-7713,22	3558,17	60	111,18
13/08/2020 10:30	221,12	221,14	220,97	221,25	0,99 IND	-13489,6	14985,02	-15722,4	-12752,3	13571,94	60	127,64
13/08/2020 10:45	220,29	219,96	220,19	220,73	1 IND	-10910,8	19440,25	-17463,8	-12887,3	10961,2	59,99	155,39
13/08/2020 11:00	220,39	220,18	220,04	220,94	0,99 IND	-11635,2	17453,67	-19524,8	-9564,06	11760,38	60	144,63
13/08/2020 11:15	219,48	219,31	219,18	219,96	0,98 IND	-14074,1	15755,16	-19408,3	-10420,9	14368,79	60	137,81
13/08/2020 11:30	219,61	219,31	219,52	220,01	0,13 IND	-230,31	12809,1	-7391,01	-5648,41	1840,79	60,01	90,79
13/08/2020 11:45	219,19	219,14	219,03	219,39	0,89 IND	-4445,91	10912,37	-8909,01	-6449,27	4993,72	60	88,24
13/08/2020 12:00	218,83	218,85	218,66	218,98	0,98 IND	6395,57	6395,57	0	0	6546,31	60,02	29,91
13/08/2020 12:15	219,03	218,96	218,97	219,17	0,96 IND	6879,96	6879,96	0	0	7138,93	59,99	32,6
13/08/2020 12:30	219,42	219,16	219,46	219,64	0,98 IND	6950,27	6950,27	0	0	7120,6	60	32,49
13/08/2020 12:45	219,35	219,38	219,1	219,58	0,95 CAP	675,99	4393,65	-3717,66	0	713,89	60,01	33,04

13/08/2020 13:00	218,04	218,01	217,66	218,45	0,98 IND	-7185,71	11222,72	-11703,1	-6705,33	7331,58	59,92	95,16
13/08/2020 13:15	217,04	217	216,93	217,18	0,94 IND	-4987,42	11615,02	-9996,08	-6606,36	5279,83	60,01	94,22
13/08/2020 13:30	215,61	215,68	215,41	215,73	0,98 IND	-8397,69	11305,62	-10151,5	-9551,81	8527,76	60	100,29
13/08/2020 13:45	214,97	215	214,56	215,36	0,99 IND	-16081,2	16613,39	-19754,3	-12940,3	16247,87	60,02	154,6
13/08/2020 14:00	214,54	214,37	214,43	214,81	0,98 IND	-15652,9	18003,54	-18626,6	-15029,8	16013,29	60,01	161,32
13/08/2020 14:15	213,7	213,72	213,6	213,76	0,99 IND	-15465,4	16302,83	-16181,5	-15586,7	15553,75	59,98	148,66
13/08/2020 14:30	214,34	214,34	214,07	214,62	1 IND	-15513,9	16239,72	-17470,3	-14283,3	15568,33	59,98	148,3
13/08/2020 14:45	215,38	215,12	215,28	215,75	0,99 IND	-8827,65	20283,81	-14649,7	-14461,8	8939,03	59,98	163,39
13/08/2020 15:00	216,11	216,04	215,86	216,43	0,99 IND	-12397,1	16091,84	-15454,2	-13034,8	12460,64	59,99	139,45
13/08/2020 15:15	216,7	216,43	216,56	217,11	0,99 IND	-9799,46	17164,96	-15013,6	-11950,8	9852,08	59,99	141,17
13/08/2020 15:30	216,93	216,58	216,83	217,38	0,93 CAP	-3746,05	19819,97	-12560,9	-11005,1	4025,86	60	148,59
13/08/2020 15:45	217,3	217,08	216,93	217,89	0,9 CAP	-8876,84	17478,73	-15648,5	-10707,1	9868,01	60,01	144,96
13/08/2020 16:00	217,26	217,04	217,35	217,37	0,99 IND	-10386,5	17120,67	-12707,5	-14799,6	10488	59,99	143,92
13/08/2020 16:15	217,07	216,83	217,04	217,33	0,98 IND	-11275,2	19309,33	-15055,3	-15529,3	11454,64	60,02	160,22
13/08/2020 16:30	216,94	216,48	216,91	217,43	0,99 IND	-5637,51	22750,19	-15636	-12751,7	5691,84	59,99	172,57
13/08/2020 16:45	217,98	217,65	217,87	218,41	0,98 IND	-7252,74	18749,08	-13516,1	-12485,8	7378,33	60,04	148,8
13/08/2020 17:00	218,85	218,82	218,61	219,13	0,98 IND	-7546,68	14032,11	-12027,7	-9551,15	7696,33	60,03	117,32
13/08/2020 17:15	219,69	219,5	219,47	220,1	0,72 CAP	-4207,6	10935,66	-8801,1	-6342,15	5827,03	60,02	86,72
13/08/2020 17:30	219,21	219,27	218,8	219,54	0,93 IND	-5447,43	11096,24	-9761,56	-6782,11	5866,18	60,02	91,51
13/08/2020 17:45	220,99	221,24	220,73	221	0,94 CAP	-3121,28	7869,46	-5588,26	-5402,47	3336,76	60,02	63,84
13/08/2020 18:00	222,05	222,27	221,92	221,96	0 RES	0	0	0	0	0	60	12,12
13/08/2020 18:15	220,47	220,61	220,39	220,4	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
13/08/2020 18:30	219,37	219,57	219,5	219,04	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	12,6
13/08/2020 18:45	218,96	219,17	219	218,7	0 RES	0	0	0	0	0	59,98	0
13/08/2020 19:00	219,98	220,09	219,94	219,9	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	8,73
13/08/2020 19:15	219,64	220	219,25	219,67	1 IND	-8763,61	0	-8763,61	0	8778	60,01	40,03
13/08/2020 19:30	220,82	221,1	220,49	220,86	0,98 CAP	-8771,5	0	-8771,5	0	8960,38	60,01	40,64
13/08/2020 19:45	221,77	221,92	221,64	221,74	0 RES	0	0	0	0	0	59,99	0
13/08/2020 20:00	222,78	222,91	222,64	222,78	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	0
13/08/2020 20:15	224,09	224,5	223,87	223,9	1 IND	-8485,46	0	-8485,46	0	8490,74	60,02	37,92
13/08/2020 20:30	224,58	224,98	224,63	224,13	0 RES	0	0	0	0	0	59,98	0
13/08/2020 20:45	223,47	223,39	223,62	223,4	0 RES	0	0	0	0	0	60,04	0
13/08/2020 21:00	224,01	224,32	223,82	223,9	1 IND	-8392,05	0	-8392,05	0	8394,98	60	37,51
13/08/2020 21:15	223,52	223,93	223,22	223,39	1 IND	-8594,4	0	-8594,4	0	8599,49	60	38,52
13/08/2020 21:30	223,69	223,96	223,71	223,4	0 RES	0	0	0	0	0	60,03	0
13/08/2020 21:45	224,28	224,38	224,46	223,98	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
13/08/2020 22:00	224,42	224,81	224,43	224,02	0 RES	0	0	0	0	0	59,98	0
13/08/2020 22:15	224,3	224,3	224,56	224,03	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
13/08/2020 22:30	225,06	225,07	225,25	224,85	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
13/08/2020 22:45	225,19	225,37	225,24	224,96	0 RES	0	0	0	0	0	59,96	0
13/08/2020 23:00	225,96	225,91	225,72	226,24	0,98 CAP	-8754,87	0	-8754,87	0	8915,92	60	39,5
13/08/2020 23:15	226,48	226,59	226,58	226,26	0 RES	0	0	0	0	0	60,01	0
13/08/2020 23:30	226,87	226,96	226,96	226,69	0 RES	0	0	0	0	0	59,98	0
13/08/2020 23:45	226,26	226,4	226,32	226,06	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 00:00	226,54	226,62	226,56	226,44	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
14/08/2020 00:15	226,61	226,65	226,55	226,63	0 RES	0	0	0	0	0	59,99	0
14/08/2020 00:30	226,85	227,06	226,58	226,9	1 IND	-8884,26	0	-8884,26	0	8889,88	60,02	39,23
14/08/2020 00:45	227,55	227,61	227,65	227,39	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 01:00	225,26	225,47	224,93	225,39	1 IND	-8461,8	0	-8461,8	0	8464,95	59,98	37,63
14/08/2020 01:15	225,91	225,82	226,06	225,85	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 01:30	225,89	225,9	226	225,76	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
14/08/2020 01:45	226,28	226,38	226,11	226,36	0,99 CAP	-8633,44	0	-8633,44	0	8722,06	60,02	38,57
14/08/2020 02:00	226,58	226,43	226,86	226,46	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 02:15	226,89	226,97	226,72	226,98	0,99 CAP	-8657,94	0	-8657,94	0	8747,17	60,02	38,58
14/08/2020 02:30	226,9	226,78	227,19	226,72	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 02:45	227,08	227,23	226,92	227,11	0,99 CAP	-8657,3	0	-8657,3	0	8746,64	60,02	38,54
14/08/2020 03:00	226,98	227,09	226,79	227,05	1 IND	-8650,26	0	-8650,26	0	8676,57	60,05	38,26
14/08/2020 03:15	227,35	227,28	227,54	227,24	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
14/08/2020 03:30	227	227,12	226,82	227,07	1 IND	-8634,9	0	-8634,9	0	8661,22	60,02	38,18
14/08/2020 03:45	227,42	227,5	227,29	227,48	0,99 CAP	-8658,31	0	-8658,31	0	8747,85	60,01	38,49
14/08/2020 04:00	226,92	226,93	226,77	227,05	1 IND	-8616,07	0	-8616,07	0	8642,31	59,98	38,11
14/08/2020 04:15	227,44	227,32	227,69	227,31	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 04:30	227,28	227,3	227,19	227,35	1 IND	-8645,43	0	-8645,43	0	8671,96	60	38,17
14/08/2020 04:45	227,5	227,51	227,33	227,65	0,99 CAP	-8761,04	0	-8761,04	0	8832,06	60	38,85
14/08/2020 05:00	227,51	227,52	227,36	227,63	0,99 CAP	-8664,68	0	-8664,68	0	8754,29	59,99	38,5
14/08/2020 05:15	226,88	226,72	227,13	226,8	0 RES	0	0	0	0	0	59,98	0

14/08/2020 05:30	226,99	226,8	227,22	226,96	0 RES	0	0	0	0	0	60	0
14/08/2020 05:45	226,67	226,5	226,79	226,74	0 RES	0	0	0	0	0	60,02	0
14/08/2020 06:00	226,06	225,76	226,36	226,07	0,95 IND	-2571,46	8048,7	-4358,07	-6262,09	2714,03	59,99	59,05
14/08/2020 06:15	225,46	225,45	225,17	225,76	0,99 IND	-10693,6	7915,93	-12282	-6327,51	10748,54	59,99	76,24
14/08/2020 06:30	226,37	226,26	226,56	226,3	0,98 IND	-2272,53	7873,64	-4261,18	-5885	2329,12	59,99	58,02
14/08/2020 06:45	226,26	226,29	226,48	226,01	0,98 IND	-2156,66	7957,61	-4249,2	-5865,07	2193,81	60,01	58,47
14/08/2020 07:00	225,3	225,26	225,23	225,42	1 IND	-8549,99	7941,79	-10309,1	-6182,67	8570,01	60	72,06
14/08/2020 07:15	224,67	224,71	224,79	224,53	0,99 IND	1874,31	7918,08	0	-6043,77	1895,47	60,02	54,51
14/08/2020 07:30	224,72	224,65	224,52	225	0,96 IND	-5621,02	14793,99	-14289	-6126,02	5829,29	60,03	112,49
14/08/2020 07:45	226,46	226,2	226,68	226,48	0,04 IND	-67,39	12772,11	-4333,52	-8505,97	1649,85	60	92,65
14/08/2020 08:00	225,32	224,92	225,69	225,35	0,63 IND	-1062,5	15454,34	-7045,83	-9471	1676,85	60	109,06
14/08/2020 08:15	223,92	223,34	223,95	224,48	0 CAP	5,4	21182,21	-14244,3	-6932,47	1114,12	60,01	146,83
14/08/2020 08:30	222,09	221,84	221,81	222,62	0,97 IND	-4653,86	17111,58	-13039,5	-8725,93	4811,77	60,01	128,78
14/08/2020 08:45	221,95	221,49	221,89	222,46	0,52 IND	-479,36	15700,62	-9664,89	-6515,09	927,36	60	108,66
14/08/2020 09:00	220,96	220,44	220,72	221,7	0,98 IND	-8505,02	20306,97	-16494,7	-12317,3	8670,92	60,01	159,96
14/08/2020 09:15	221,18	220,72	221,23	221,58	0,91 IND	-6512,04	20303,71	-15464,5	-13081,3	7126,16	59,97	168,56
14/08/2020 09:30	220,89	220,29	221,05	221,34	0,93 IND	-6488,16	23198	-15414,6	-14271,6	6975,96	60,01	174,72
14/08/2020 09:45	219,79	219,21	219,5	220,65	0,98 IND	-12642	26175,63	-25060,4	-13757,2	12951,05	59,99	209,24
14/08/2020 10:00	220,26	219,41	220,54	220,84	1 CAP	1136,02	22626,62	-11788,5	-9702,05	1140,16	60,03	151,81
14/08/2020 10:15	220,45	219,81	220,59	220,94	0,83 CAP	1172,22	18823,58	-9968,88	-7682,48	1412,47	60,02	124,34
14/08/2020 10:30	220,28	219,35	220,68	220,82	1 CAP	4783,17	20398,94	-8003,82	-7611,95	4789,2	59,99	127,01
14/08/2020 10:45	219,2	218,41	219,27	219,93	0,76 CAP	-3688,54	22828,39	-16889,4	-9627,54	4841,28	60,04	162,61
14/08/2020 11:00	218,83	218,56	218,42	219,52	1 IND	-18702,4	19754,52	-24194,4	-14262,5	18720,69	59,99	177,06
14/08/2020 11:15	218,81	218,63	218,92	218,87	1 IND	-15614,3	21267,21	-16922,6	-19958,9	15623,63	60,03	182,81
14/08/2020 11:30	217,99	217,68	217,93	218,36	1 IND	-14288,5	22276,41	-19910,1	-16654,8	14293,07	59,97	186,29
14/08/2020 11:45	218,39	218,18	218,41	218,59	0,85 IND	-2764,91	14292,98	-7414,57	-9643,32	3248,62	60,01	107,72
14/08/2020 12:00	217,97	217,68	218,1	218,13	0,98 IND	3783,64	8456,01	0	-4672,37	3874,07	59,99	53,79
14/08/2020 12:15	218,19	218,15	218,23	218,18	0,99 IND	2155,47	6613,67	0	-4458,21	2170,1	60,01	44,32
14/08/2020 12:30	218,08	218,15	218,14	217,95	1 CAP	-1549,09	5086,22	0	-6635,3	1550,17	60	47,67
14/08/2020 12:45	218,19	218,33	217,99	218,24	1 CAP	-1728,87	3227,29	0	-4956,17	1730,73	60,01	32,85
14/08/2020 13:00	217,24	217,37	216,98	217,36	1 IND	-7298,24	7706,02	-8343,48	-6660,77	7326,98	60,01	69,18
14/08/2020 13:15	216,5	216,63	216,23	216,63	0,98 IND	-4852,22	6809,46	-6736,99	-4924,69	4969,96	59,98	59,28
14/08/2020 13:30	215,26	215,12	215,34	215,33	0,88 IND	-5507,31	17556,5	-9713,56	-13350,3	6249,15	60,01	144,35
14/08/2020 13:45	214,73	214,53	214,54	215,11	0,92 IND	-7945,01	15495,17	-13044,1	-10396	8647,19	60	127,44
14/08/2020 14:00	215,28	215,21	215,34	215,3	0,98 IND	-8252,89	12784,4	-8550,97	-12486,3	8449,03	59,99	113,18
14/08/2020 14:15	214,22	214,06	214,38	214,23	0,99 IND	-8315,84	13871,76	-9327,1	-12860,5	8368,36	59,97	118,23
14/08/2020 14:30	214,53	214,39	214,68	214,53	0,99 IND	-8684,2	13002,25	-9353,42	-12333	8746,45	59,98	111,36
14/08/2020 14:45	214,77	214,55	214,96	214,79	0,98 IND	-5277,66	14694,32	-8624,33	-11347,7	5367,14	60,01	113,63
14/08/2020 15:00	214,5	214,04	214,55	214,9	1 IND	-7998,67	19896,13	-14206	-13688,8	8031,35	60,01	160,18
14/08/2020 15:15	215,18	214,9	215,35	215,29	0,95 CAP	-6574,2	13685,97	-8531,19	-11729	6899,38	59,98	116,62
14/08/2020 15:30	215,68	215,31	215,46	216,25	0,99 IND	-6938,61	20584,84	-14794,2	-12729,3	6985,24	59,99	165,69
14/08/2020 15:45	215,73	215,47	215,73	215,99	1 CAP	-11389,4	16459,05	-12603,9	-15244,5	11390,82	60,01	146,94



ESTUDO DE CASO:

# **CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA**

UTILIZANDO CONTROLADOR AUTOMÁTICO  
EM UMA FÁBRICA DE SEMIJOIAS

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

ESTUDO DE CASO:

# **CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA**

UTILIZANDO CONTROLADOR AUTOMÁTICO  
EM UMA FÁBRICA DE SEMIJOIAS

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)