



ENGENHARIA ELÉTRICA

ALEXANDRE PEREIRA GENUINO JUNIOR

FELIPE SILVEIRA CARREIRO

CORREÇÃO DE FATOR DE POTENCIA

Itaperuna

2021

ALEXANDRE PEREIRA GENUINO JUNIOR

FELIPE SILVEIRA CARREIRO

CORREÇÃO DE FATOR DE POTENCIA

Trabalho de Conclusão de Curso- I
apresen- tado como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica ao Centro
Universitário Redentor.

Orientador: Rafael Lima de Oliveira

Itaperuna
2021

LISTA DE ABREVIações

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

cos – Cosseno

CV – Cavalo vapor

DDP – Diferença de potencial

FP – Fator de potência

KW – Kilo watt

kWh – Kilo Watt hora

kVArh – Kilo Volt Ampére reativo hora

sen – Seno

W - Watt

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Legenda	8
Figura 2 – Capacitor Eletrolítico, 2021	11
Figura 3 – Newton C. Braga, 2021	13

RESUMO

Para um bom funcionamento de toda a instalação fazer o estudo e acompanhamento do índice de fator de potência é de grande importância para todas as indústrias. Corrigir o fator de potência é um processo fundamental em qualquer instalação industrial. Quedas de tensão, perdas, sobrecargas são alguns resultados negativos de um fator de potência baixo. É de grande importância que os profissionais atuantes no meio do ramo da eletrônica industrial tenham conhecimento neste assunto. Neste trabalho será tratado um pouco mais desse assunto, sendo possível observar o que é e quais os danos trazidos para a indústria.

Palavras-chave: banco de capacitores, dimensionamento, fator de potência, queda de tensão.

ABSTRACT

For the proper functioning of the entire installation, studying and monitoring the power index is of great importance for all industries. Correcting the power factor is a fundamental process in any industrial installation. Voltage drops, losses, overloads are some negative results of a low power factor. It is of great importance that professionals working in the field of industrial electronics have knowledge of this subject. This work will deal with this subject a little more, and it will be possible to observe what it is and what damage has been brought to the industry.

Keywords: capacitor bank, dimension- ing, power factor, voltage drop.

Sumário

LISTA DE ABREVIACÕES.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivo geral.....	9
1.2 Objetivo específico.....	9
1.3 Hipótese	10
1.4 Justificativa.....	10
2 PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA	13
2.1 Principais causas de um baixo fator de potência.....	13
2.1.1 Perdas nos circuitos da Instalação.....	13
2.1.2 Perdas por queda de Tensão.....	13
2.1.3 Grande quantidade de motores de indução de pequeno porte.....	13
2.1.4 Motores de indução superdimensionados.....	14
2.1.5 Motores de indução operando a vazio	14
2.1.6 Máquinas de solda a arco.....	14
2.2 Correção de fator de potência utilizando o capacitor.....	15
2.2.1 Tipos de correção de fator de potência	17
2.2.2 Correção na entrada da energia em alta tensão.....	17
2.2.3 Correção na entrada da energia de baixa tensão	17
2.2.4 Correção por grupo de carga	18
2.2.5 Correção localizada	18
2.2.6 Correção mista.....	18
2.3 Métodos de controle.....	19
2.3.1 Banco de capacitores fixo.....	19
2.3.2 Banco semiautomático	19
2.3.4 Banco automático	20
2.3.5 Cuidados a serem seguidos nas instalações de capacitores.....	20

2.4	Dimensionamento do banco de capacitores	20
2.5	Manutenção preventiva	21
3	ESTUDO DO CASO	22
4	REFERÊNCIAS.....	23

INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO GERAL

Que o mundo moderno se tornou altamente dependente da eletricidade todos sabem, a energia elétrica está presente tanto nas atividades mais básicas do dia-dia como nos processos industriais mais complexos, de forma que a pesquisa nesta área vem se mostrando cada vez mais importante podendo apresentar aos consumidores a importância de fazer o uso consciente da mesma.

Em escala residencial, o consumo consciente normalmente depende de ações simples que vão desde o apagar das luzes dos cômodos, fechar a geladeira com atenção, fechar o chuveiro ao ensaboar enquanto toma-se banho, até o dimensionamento correto dos circuitos. Já em escala Industrial além destes atos simples a gerencia da empresa também deve estar atenta a outros parâmetros que se não analisados a olhos clínicos podem trazer muitos prejuízos. Um exemplo é a correção de fator de potência.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Hoje a eficiência energética é um assunto discutido com frequência na área da Engenharia Elétrica e está diretamente ligado a outro importante tema, que é o consumo consciente. O fator de potência é o índice que indica a eficiência na utilização da energia elétrica e está diretamente ligado a esses dois assuntos citados anteriormente. Este índice é rigorosamente monitorado pelas concessionárias de energia elétrica e os consumidores industriais que apresentam um baixo índice de fator de potência estão sujeitos a multas.

No decorrer do trabalho serão apresentadas algumas das principais grandezas da eletricidade, e ao final poderá ser entendida a importância de se controlar o índice de fator de potência, como isso é feito, quais as tecnologias estão disponíveis no mercado, entre outras curiosidades importantes do assunto.

1.3 HIPÓTESE

Para um melhor entendimento do trabalho, se faz necessário relizar uma breve introdução ao conteúdo teórico referente a potência elétrica em circuitos de corrente alternada e de forma mais específica o estudo do fator de potência.

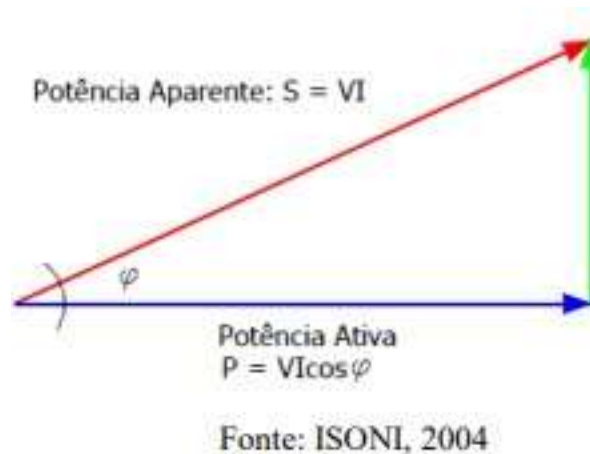
O sistema elétrico em geral é formado por geração, transmissão, distribuição e consumo. As unidades consumidoras demandam do sistema uma certa quantidade de energia, denominada potência, para atender suas cargas e assim realizar suas atividades. Segundo Creder (2007) a energia elétrica absorvida por cargas alimentadas em corrente alternada pode ser decomposta em energia ativa e energia reativa.

1.4 JUSTIFICATIVA

A energia ativa, medida em kWh, é aquela convertida em energia útil, por exemplo, energia térmica, luminosa ou cinética, e que realiza trabalho. Já a energia reativa, em kVarh, é empregada como energia magnetizante na manutenção de campos eletromagnéticos de equipamentos e não realiza trabalho, sendo intermediária na utilização de energia ativa (MONTEIRO, 2009).

A razão entre a energia que é transformada em trabalho (kWh) em um intervalo de tempo e este próprio intervalo de tempo resulta na demanda ativa média, denominada potência ativa, expressa em kW, tem como representação a letra P. Simultaneamente, a razão entre a energia reativa (kvarh) utilizada em um intervalo e este próprio, resulta em demanda reativa média conhecida como potência reativa, expressa em kvar e representada pela letra Q (COTRIM, 2008).

Em um circuito elétrico monofásico em corrente alternada a potência instantânea P , em Watts, se dá por:



$$p = u \times i \quad (1)$$

onde u é a tensão senoidal instantânea, em Volts, e i é a corrente senoidal instantânea, em Amperes. Estes valores instantâneos podem ser expressos pelas equações:

$$u = 2 \times \times \text{sen}(t) \quad (2)$$

$$i = 2 \times \times \text{sen}(t \Phi) \quad (3)$$

onde, $\times$ são valores eficazes de tensão e corrente, respectivamente, ω é a frequência da rede em radianos por segundo e Φ é o ângulo de defasagem entre as ondas u e i , em radianos.

Fazendo a substituição das equações 2 e 3 na equação 1 pode se chegar a seguinte análise.

$$p = \times \times \cos(\Phi)(1 - \cos(2t)) + \times \times \sin(\Phi)(\sin(2t)) \quad (4)$$

$$P = \times \times \cos(\Phi) \text{ W} \quad (5)$$

$$Q = \times \times \sin(\Phi) \text{ VAR} \quad (6)$$

Onde P é o valor eficaz da potência ativa, e Q é o valor eficaz da potência reativa.
Fator de potência

Com isso, é possível então caracterizar o fator de potência. Segundo

Mamede Filho (2002), o fator de potência, FP, é calculado pela equação:

$$P = P / S = \cos(\Phi) = \cos(\Phi)$$

Sendo assim o fator de potência é definido como o cosseno do ângulo de defasagem entre as ondas senoidais de tensão e de corrente, $\cos(\Phi)$. De acordo Cotrim (2008) ressalta que, o fator de potência deve ser acompanhado das palavras “indutivo”, nos casos onde se encontram a corrente está atrasada em relação à tensão, ou, “capacitivo”, quando a corrente se encontra adiantada em relação à tensão, devido a $\cos(\Phi)$ estar sempre positivo.

A ANEEL (2012) define que o fator de potência em um determinado intervalo de tempo pode ser calculado com base nas energias consumidas neste período, portanto: São as energias ativas (Wh) e reativa (varh) consumidas em um determinado intervalo. Assim, define-se fator de potência como sendo a divisão de potência ativa (KW) pela potência aparente. Assim, se uma máquina trabalha com 100 KW (potência ativa), e a energia aparente consumida é de 125 kVA, divide-se 100 por 125, chegando-se a um fator de potência de 0,80.

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

2 – PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA

2.1 PRINCIPAIS CAUSAS DE UM BAIXO FATOR DE POTÊNCIA

2.1.1 PERDAS NOS CIRCUITOS DA INSTALAÇÃO.

As perdas de energia elétrica podem ocorrer em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total. 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. Em instalações com baixo fator de potência são encontradas correntes desnecessárias que acabam gerando calor ao serem conduzidas por fios e cabos. Deste modo, se pode inferir que o baixo fator de potência é um distúrbio energético que se dá quando a operação de máquinas com motores elétricos produz energia reativa em excesso, gerando desperdício de eletricidade, o que geralmente é objeto de multa pelas concessionárias na fatura mensal (SIQUEIRA, 2020).

2.1.2 PERDAS POR QUEDA DE TENSÃO

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa 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.

2.2.3 GRANDE QUANTIDADE DE MOTORES DE INDUÇÃO DE PEQUENO PORTE

Estes equipamentos apresentam na maioria das vezes, dificuldades para seu correto dimensionamento em relação a sua carga acoplada, podendo ser, superdimensionados para atender ao torque de partida elevado de determinadas cargas. Mesmo, em condições corretas de funcionamento, devido as suas

características de construção, estes podem não apresentar um fator de potências satisfatório .

2.2.4 MOTORES DE INDUÇÃO SUPERDIMENSIONADOS

Um motor com uma potência nominal exageradamente muito superior à carga acoplada demandará uma potência ativa pequena comparada a demanda reativa, tendo como resultado um baixo fator de potência.

2.2.5 MOTORES DE INDUÇÃO OPERANDO A VAZIO

Os motores de indução necessitam de uma potência reativa praticamente constante em seu funcionamento, independente da carga aplicada ao eixo, já a demanda de potência ativa é diretamente proporcional a esta carga; sendo assim, quanto menor é a carga mecânica, menor será a demanda de potência ativa e conseqüentemente menor é o fator de potência.

2.2.6 MÁQUINAS DE SOLDA A ARCO

Estes equipamentos são máquinas que trazem junto a sua operação processos que geram distorções harmônicas, pois a tensão e correntes dos arcos elétricos possuem características não lineares. Estas distorções harmônicas implicam em um baixo fator de potência real.

2.2 CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA UTILIZANDO O CAPACITOR

Figura 2 – Capacitor Fonte: Eletrolítico, 2021



Eletrolítico, 2021

Silva (2009, p. 30) define de forma resumida e concisa a importância do fator de potência com seu controle:

O Fator de Potência é um índice de utilização de energia cujo controle adequado em instalações consumidoras é extremamente importante, não apenas sob o ponto de vista eletro energético, mas também, e fundamentalmente, pelo fato de ser monitorado pelos sistemas de medição das concessionárias, podendo incorrer em ônus (muitas vezes significativos) nas contas de energia elétrica.

Visando reduzir os custos e uma utilização mais eficiente da instalação, os consumidores buscam realizar a correção do fator de potência, que também pode ser denominada como compensação de energia reativa ou de reativos. Cotrim (2008) cita três métodos para a elevação do fator de potência: o aumento do consumo de energia ativa, a utilização de máquinas síncronas super excitadas e

a utilização de capacitores.

Tendo em vista o método do aumento do consumo de energia ativa citado, ele consiste na adição de novas cargas com fator de potência elevado, ou seja, que aumentam o consumo de energia ativa sem afetar demasiadamente o consumo de energia reativa. Apesar de válido, este método tem pouca aplicação prática (COTRIM, 2008).

A utilização de máquinas síncronas são operadas como geradores de potência reativa ao serem superexcitadas. Quando são empregadas exclusivamente na geração de reativos com a finalidade de controlar o fator de potência, são denominadas “compensadores síncronos”, e além disso elas podem também ser ao mesmo tempo conectadas a cargas mecânicas (COTRIM, 2008).

De acordo com Mamede Filho (2002) este procedimento não é muito adotado devido ao seu alto custo e às suas dificuldades operacionais.

Analizando as opções disponíveis a utilização de banco de capacitores é a forma mais econômica e a que permite ter uma maior flexibilidade em sua aplicação, portanto atualmente este é o método de correção de fator de potência mais utilizado na indústria (COTRIM, 2008).

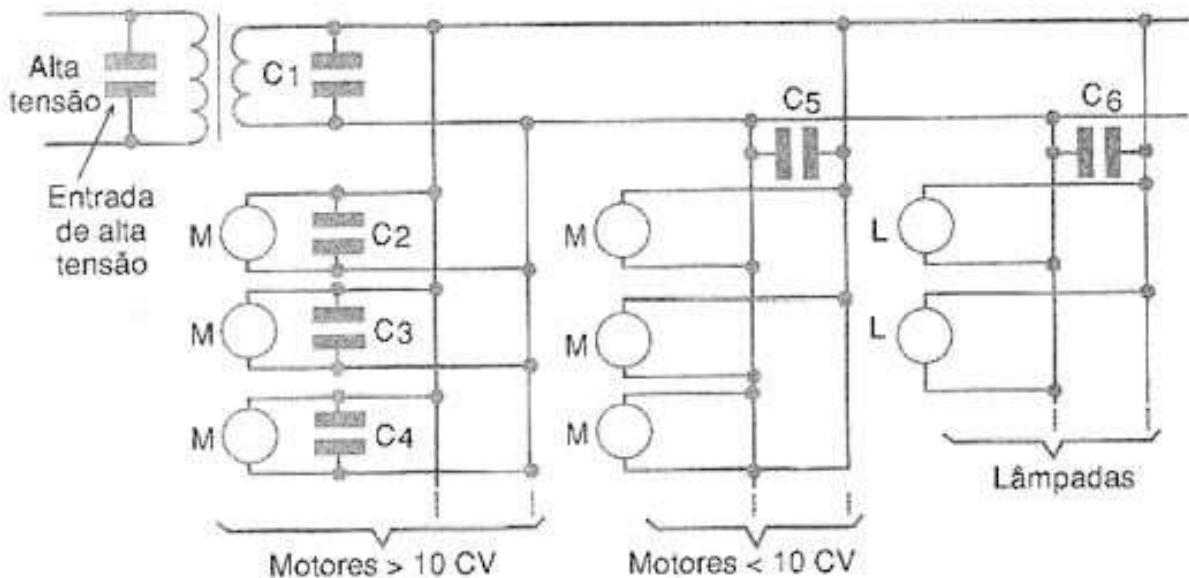
O elemento capacitivo, denominado capacitor, é um dispositivo que consiste em dois eletrodos separados por um dielétrico, esses dispositivos tem a capacidade de acumular energia elétrica, são basicamente duas placas metálicas condutoras, que são separadas por um material isolante ao ser aplicada uma DDP nas faces externas é gerado um campo eletrostático entre elas, ocorrendo assim o armazenamento de energia elétrica na forma de campo elétrico.

O agrupamento dessas unidades capacitivas operando em conjunto, constitui um banco de capacitor. O princípio de funcionamento do capacitor, na sua aplicação visando a compensação de reativos na rede, se da pela característica de defasagens da corrente em relação á tensão, essa defasagem de 90 graus adrasado da corrente em relação a tensão.

2.2.1 TIPOS DE CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

A correção fator de potência pode ser feita de cinco maneiras, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício.

Figura 3 – Newton C. Braga, 2021



Newton C. Braga, 2021

2.2.2 CORREÇÃO NA ENTRADA DA ENERGIA EM ALTA TENSÃO

Esta disposição corrige o FP avaliado pela concessionária, porém, ele não elimina os problemas encontrados internamente na instalação, além de ter um custo consideravelmente elevado. Mamede Filho (2002), entretanto, explica que pode haver alguma vantagem de ordem econômica inicial na instalação no lado primário dos transformadores, muito embora não exista liberação de capacidade nos mesmos. Os bancos de capacitores em alta tensão são fixos ou de acionamento manual em função do custo elevado dos bancos automáticos.

2.2.3 CORREÇÃO NA ENTRADA DA ENERGIA DE BAIXA TENSÃO

Segundo Mamede Filho (2002), geralmente são utilizados nesta instalação os bancos automáticos de capacitores, sua correção é bastante significativa. Na maioria das vezes utiliza-se esta correção com instalação com elevado número

de cargas e diferentes potências nominais tendo seus regimes de trabalho sem uniformidade, tem como uma de suas desvantagem, não possuir um alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.

2.2.4 CORREÇÃO POR GRUPO DE CARGA

O capacitor, elemento que compensa a energia reativa, é instalado para corrigir somente em um determinado setor ou grupos de pequenos equipamentos (<10cv). A instalação desta disposição deverá ser feita no quadro de distribuição de alimentação de cada equipamento.

2.2.5 CORREÇÃO LOCALIZADA

É instalado juntamente ao equipamento que se necessita da correção do fator de potência, do ponto de vista técnico/teórico é a maneira com mais eficiência utilizado na correção de fator de potência. Apresenta vantagens principalmente na redução das perdas energéticas considerando a instalação como um todo, diminui a carga consideravelmente nos circuitos de alimentação dos equipamentos, pode ser utilizada em um sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, aproveitando o equipamento de manobra, gera potência reativa somente quando e onde for necessário.

2.2.6 CORREÇÃO MISTA

Quando se trata de conservação de energia da instalação a disposição mista de correção de fator de potência é a técnica mais eficiente. Nela se tem todas os pontos positivos das outras disposições, pois há possibilidade de fazer a correção em mais de um ponto da instalação, reduzindo as perdas e gastos desnecessários.

2.3 MÉTODOS DE CONTROLE

O modo como a energia reativa será injetada na rede é dada pela forma de ligação dos capacitores nos diferentes pontos da instalação. Estes bancos de capacitores podem ser conectados de maneira fixa, ou controlada utilizando-se controladores e dispositivos de manobra, tanto de modo automático ou semiautomático. A seguir estão expostas às características de cada método, conforme Cotrim (2008).

2.3.1 BANCO DE CAPACITORES FIXO

Esta configuração apresenta os capacitores conectados diretamente à alimentação, nela não existe a utilização de dispositivos de manobra, o que impossibilita o controle da injeção de reativos em relação a carga. Pode ser utilizado diretamente sobre os motores, ou em barramentos gerais de tensão primária ou secundária. Este é o método mais simples e com o menor custo, este tipo de método pode apresentar algumas falhas em situações de baixa carga devido ao excesso de energia reativa capacitiva, como tensões elevadas e faturamento de energia reativa capacitiva excedente quando suas cargas indutivas se encontrarem inoperantes.

2.3.2 BANCO SEMIAUTOMÁTICO

Neste caso, os capacitores são instalados juntos das cargas indutivas e são acionados simultaneamente a estas, geralmente utiliza-se os mesmos dispositivos de manobra das máquinas. Este tipo de configuração permite um certo grau de controle, pois acaba injetando reativos na rede somente quando na presença de cargas solicitantes. Tem o seu custo relativamente alto à associação de um capacitor ou banco para cada carga e pode-se dizer que quanto maior a diversidade de cargas, maior este custo.

2.3.3 BANCO AUTOMÁTICO

Este tipo de sistema realiza o fornecimento centralizado e variável de energia reativa, ele trabalha acionando os bancos de capacitores de acordo com a variação da carga, sendo normalmente instalado no barramento geral de baixa tensão do sistema. Tem sua disposição definida com vários agrupamento de capacitores distintos, denominado estágios, estes são acionados por contadores individuais; que, por sua vez, são controlados por um dispositivo eletrônico de monitoramento de parâmetros da rede elétrica e é programado para ser funcionar acionando determinados estágios visando a manutenção do fator de potência em uma faixa pré-determinada.

2.3.4 CUIDADOS A SEREM SEGUIDOS NAS INSTALAÇÕES DE CAPACITORES

É de grande importancia a instalação dos capacitores em locais adequados e evitar a exposição ao sol ou proximo de equipamentos com alta temperatura, o local deve ser protegido contra materiais sólidos e líquidos em suspensão, evitar sua instalação próximo ao teto, pois a temperatura tende a ser mais alta e o cuidado com a proximidade de cargas não lineares.

2.4 DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE CAPACITORES

Visando uma escolha correta da metodologia e do projeto de compensação reativa, o perfil da carga instalada deve ser observado cuidadosamente, sendo assim realizando uma análise pontual ou média do fator de potência terá como consequencia uma solução inadequada ou insuficiente (COTRIM, 2008). Ainda, segundo Mamede Filho (2002) o levantamento do perfil da carga tendo em vista o projeto do sistema de correção de fator de potência, ele pode ser dividido em dois grupos, os empreendimentos em projeto e os empreendimentos em operação.

Logo após realizar o levantamento e definir o perfil de carga da instalação, o que se tem de resposta é o quanto de potência reativa (Q) deve se injetar, de modo a compensar e equilibrar a potência reativa consumida pela carga.

Sabendo-se a potência ativa demandada e o fator de potência original da instalação, a aplicação da equação a seguir resulta na potência reativa capacitiva necessária para elevação do fator de potência ao valor desejado (MAMEDE FILHO, 2002):

Onde P_c é a potência do banco de capacitores a ser empregado, P_{at} é a potência ativa da instalação, Φ_1 e Φ_2 são os ângulos do fator de potência original e desejado, respectivamente, e FP_1 e FP_2 são os fatores de potência original e desejado, respectivamente.

2.5 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

É de grande importância fazer o acompanhamento e manutenções periódicas nos bancos de capacitores, os principais procedimentos são:

- Fazer a verificação visual em todas as unidades capacitivas instaladas, pois se houver a atuação do dispositivo de segurança interno do capacitor, indicado pela expansão da caneca de alumínio, deverá ser efetuada sua substituição por outro de mesma potência.

- Verificar se há queima de fusíveis, caso tenha é de grande importância tentar identificar a causa da queima e depois fazer sua troca por um fusível de mesma corrente nominal.

- Medir tensão e corrente nas unidades capacitivas.

- Verificar o aperto nas conexões dos capacitores.

- Medir a temperatura interna do armário metálico interno (máxima de 450 °C).

3 – ESTUDO DO CASO

Através de leituras feitas através de um aparelho denominado analisador de energia foi possível conhecer mais a fundo a qualidade da energia fornecida pela concessionária e quais as características das cargas de uma indústria localizada no município de Itaperuna-RJ.

Após efetuar calculos de dimensionamento de um sistema para o monitoramento e controle do fator de potência pode se viabilizar um projeto para implementação do mecanismo para reduzir ao máximo o pagamento de multas por excesso de energia reativa.

A empresa em questão teria que disponibilizar de imediato um valor de R\$ 35.000,00 (trinta e cinco mil reais). Tendo como retorno do investimento em 3 anos, visto que a empresa estava sendo multada com frequência por reativo excedente.

4 - RESULTADOS ESPERADOS

Através de pesquisas realizadas sobre o tema, pode-se observar um pouco mais sobre correção de fator de potência, visto que o seu controle é de suma importância, em razão das multas que são aplicadas pelas concessionárias. Sendo assim, é de grande interesse realizar o estudo referente a uma instalação que consome uma quantidade considerável de energia reativa.

5 - REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 013/2011-SRE/ANEEL**. Brasília, 24 jan. 2011. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/005/docuemento/nota_tecnica_n%C2%BA_013-2011.pdf. Acesso em: 05/09/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 0083/2012-SRD/ANEEL**. Brasília, 12 jun. 2012. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/065/docuemento/nota_tecnica_0083_daniel_dir.pdf. Acesso em: 4 05/09/2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 414**. Brasília, 9 set. 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>. Acesso em: 05/09/2021.

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

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Fator de potência: A necessidade da correção (ART111)**. Disponível em: https://www.newtoncbraga.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=819:fato. Acesso em: 13/09/2021.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MONTEIRO, Paulo Roberto Duailibe. **Eficiência dos sistemas elétricos industriais com aplicação de capacitores**. [S. l.], 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308689791_EFICIENCIA_DOS_SISTEMAS_ELETRICOS_INDUSTRIAIS_COM_APLICACAO_DE_CAPACITORES. Acesso em: 01/09/2021.

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.