

FACULDADE UNIRENTOR

RULYAN DE PAULA MARREIROS FREITAS

INOVAÇÃO NA REDE PRIMÁRIA:

AS VANTAGENS DA INSTALAÇÃO DE CABO ELICORD NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO

ITAPERUNA

2021

RULYAN DE PAULA MARREIROS FREITAS

INOVAÇÃO NA REDE PRIMÁRIA:

**AS VANTAGENS DA INSTALAÇÃO DE CABO ELICORD NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia Elétrica, na Faculdade UniRedentor.

Orientador: Leandro Soares

ITAPERUNA

2021

RULYAN DE PAULA MARREIROS FREITAS

**INOVAÇÃO NA REDE PRIMÁRIA: AS VANTAGENS DA INSTALAÇÃO DE CABO
ELICORD NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade
Redentor, como parte das exigências para a obtenção do
Título de Graduação em Engenharia Elétrica.

Aprovada em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Nome

Nome

Nome

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, a minha mãe, Mirella e aos meus avós maternos, Rita e Olair.

A minha namorada Izabela, a toda minha família e meus amigos, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Agradeço aos professores Frederico Margem, Leandro Soares e Amanda Camerini por compartilhar suas experiências e conhecimento, e acreditar no meu potencial mesmo diante das adversidades.

Por último e não menos importante, dedico esse trabalho à minha bisavó Adelina, pois sem ela este trabalho e muitos dos meus sonhos não seriam possíveis.

EPÍGRAFE

“Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os melhores engenheiros. ”

(Jordan Lucas)

RESUMO

Diante de todas as mudanças realizadas no setor elétrico ao longo dos anos, um considerável aumento na demanda por um produto de melhor qualidade, as concessionárias de energia têm investido cada vez mais em novas tecnologias e maneiras de melhoramento para atender aos seus consumidores, os indicadores de qualidade e continuidade, sendo os grandes objetivos para alcançar a satisfação dos clientes e exibir a eficiência dos investimentos realizados nos últimos anos no setor de distribuição elétrica. De acordo com esse cenário, o presente trabalho trata de uma análise do melhoramento de fornecimento de energia através de uma nova tecnologia na região de Angra dos Reis, por meio do investimento realizado na nova tecnologia Elicord pode-se alcançar um bom resultado nos indicadores se comparados com anos anteriores, alcançando 74% de melhoria no indicador DEC e 58% no FEC, a partir do ano de 2019, após a conclusão das obras. Angra dos Reis recebeu nestes últimos 02 anos um investimento de aproximadamente 23 milhões de reais por meio da construção de aproximadamente 20 km de novas redes de distribuição com a utilização do Elicord.

Palavras-chaves: Elicord; Rede elétrica; Indicadores; DEC; FEC.

ABSTRACT

Given all the changes made in the electricity sector over the years, a considerable increase in demand for a better quality product, energy utilities have increasingly invested in new technologies and ways to improve to serve their consumers, the indicators quality and continuity, being the main objectives to achieve customer satisfaction and show the efficiency of investments made in recent years in the electricity distribution sector. According to this scenario, the present work deals with an analysis of the improvement of energy supply through a new technology in the region of Angra dos Reis, through the investment made in the new Elicord technology, a good result can be achieved in the indicators if compared to previous years, reaching 74% improvement in the DEC indicator and 58% in the FEC, as of 2019, after completion of the works. Angra dos Reis has received in the last 2 years an investment of approximately 23 million reais through the construction of approximately 20 km of new distribution networks using Elicord.

Palavras-chaves: Elicord; Electrical network; Indicators; DEC; FEC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Flutuação de tensão.	20
Figura 02 - Formas de ondas das tensões fase-fase no barramento da concessionária.	20
Figura 03 - Tensões eficazes fase-fase no barramento da concessionária.	21
Figura 04 - Flutuação de tensão tipo A.	21
Figura 05 - Flutuação de tensão tipo B.	22
Figura 06 - Flutuação de tensão tipo C.	22
Figura 07 - Flutuação de tensão tipo D.	23
Figura 08 - Descarga atmosférica.	24
Figura 09 - Aplicação de uma descarga atmosférica em um determinado sistema elétrico.	24
Figura 10 - Corrente resultante da descarga atmosférica.	25
Figura 11 - Tensão fase-fase no receptor do sistema analisado.	25
Figura 12 - Sistema formado por uma concessionária e um banco de capacitores.	26
Figura 13 - Tensão fase-fase no barramento da conexão do banco de capacitores.	27
Figura 14 - Apresentação de circuito resistivo.	28
Figura 15 - Apresentação de circuito puramente capacitivo.	29
Figura 16 - Apresentação de circuito puramente indutivo.	29
Figura 17 - Triângulo de Potência.....	30
Figura 18- Circuito RCL.	31
Figura 19 - Potências reativas e ativas no plano.	31
Figura 20 - Descoberta da potência aparente.	32
Figura 21 - Circuito com carga corrigida.	33
Figura 22 - Triângulo de potência com a carga corrigida.	34
Figura 23 - Poste de concreto circular com 03 níveis de rede aérea convencional.	38
Figura 24 - Poste de concreto duplo “T” em rede aérea convencional com derivação.	38
Figura 25 - Instalação de rede aérea compacta no centro de Angra dos Reis.	41
Figura 26 - Rede aérea compacta com dois alimentadores (02 níveis de rede).	41
Figura 27 - Espaçador losangular (“cavalo marinho”).	43
Figura 28 - Rede subterrânea.....	44
Figura 29 - Rede Elicord.....	45

Figura 30 - Concretagem dos postes que receberão a rede Elicord.	46
Figura 31 - Curvatura do cabo da rede Elicord	47
Figura 32 - Transportador de rolo para a rede Elicord.	47
Figura 33 - Roldanas múltiplas para a rede Elicord	47
Figura 34 - Rede Elicord suspensa	48
Figura 35 - Bobina elevada para a rede Elicord	49
Figura 36 - Freio hidráulico para a rede Elicord	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Investimentos realizados nos respectivos trechos, em reais	51
Gráfico 02: Investimentos realizados nos respectivos trechos, em KM de rede.	52
Gráfico 03: Impacto da rede Elicord nos indicadores de qualidade.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação das variações.	19
Tabela 02 - O condutor de alumínio.	39
Tabela 03 - O condutor de Cobre.	40
Tabela 04 - Os condutores cobertos 25 kV.	42
Tabela 05 - Sistema elétrico da Enel Rio para rede subterrânea.	44
Tabela 06 – Condutores utilizados na rede subterrânea de média tensão 8,7/15kV.	45

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica

AT – Alta tensão

BT – Baixa Tensão

DEC – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

DIC – Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

DMIC - Duração Máxima das Interrupções por Unidade Consumidora

ENEL – Ente Nazionale per l'energia Elétrica

FEC – Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

FIC – Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

FP – Fator de Potência

HZ – Hertz – unidade de medida do sistema internacional

IEC – International Electrtchnical Comission – Comissão Eletrotécnica Internacional

KV – Quilovolt – unidade de medida de tensão

MT – Média tensão

NBR – Normas Técnicas

ONS – Operador Nacional de Energia

P - Potência Ativa

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia No Sistema Elétrico

Q – Potência Reativa

S – Potência Aparente

XLPE – Cross-linked Polyethylene – Polietileno Cruzado

Sumário

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	08
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE SIGLAS	12
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 A demanda energética e sua história	14
1.2 O engajamento e a importância do tema	15
1.3 O propósito do trabalho	16
2 EMBASAMENTO TEÓRICO	16
2.1 Qualidade	16
2.2 Qualidade de Energia Elétrica	17
2.3 Indicadores de continuidade na rede de distribuição	34
2.4 A evolução do setor energético e suas inovações	37
3 METODOLOGIA	49
3.1 Classificação da pesquisa	49
3.2 Procedimentos técnicos	49
3.3 Análise estatística dos dados	50
4. ESTUDO DE CASO	50
4.1 Descrição da empresa	50
4.2 Caracterização da amostra	50
4.3 Região instalada rede Elicord.....	50
4.4 Vantagens na instalação da rede Elicord	52
4.5 Desvantagens na instalação da rede Elicord	53
4.6 Indicadores de qualidade levando em consideração a rede Elicord	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5.1 Conclusão	54
5.2 Trabalhos Futuros	54
REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

1.1 A demanda energética e sua história

Dispusemos da descoberta da eletricidade na Grécia antiga, por intermédio do experimento do filósofo Thales de Mileto. Naquela época, o próprio sábio não havia dimensão exata em relação ao que a eletricidade representava, porém, a sua descoberta permitiu abrir o caminho para diversas outras inovações que viriam pela frente (FLORESTAL, 2020).

Em 1752, Benjamin Franklin realizou a descoberta da energia elétrica, ao empinar uma pipa durante uma tempestade com raios, com o passar do tempo, quase 130 anos depois, em 1879, a lâmpada elétrica foi inventada por Thomas Edison, mesmo período em que seu grande antagonista e ex-funcionário Nicola Tesla propunha a corrente contínua para o sistema elétrico (ELÉTRICA PJ, 2019).

A demanda energética da humanidade apresenta-se em frequente desenvolvimento. Antigamente, as necessidades básicas da sociedade eram retratadas através da alimentação, além de uma fonte de iluminação e aquecimento para ser utilizada durante a noite. Contudo, com o passar do tempo, o ser humano aperfeiçoou o uso do fogo, a agricultura e a pecuária, empregando métodos da matemática, da geometria e da engenharia. Esse aprimoramento deu-se por meio de dispositivos mecânicos elaborados para aumentar o rendimento das energias compreendidas nos ventos e no vapor (FARIAS e SELLITTO, 2011).

A energia elétrica é uma forma de energia secundária, obtida por meio de diversas fontes de energia primárias, capaz de entregar aos consumidores finais energia através de extensas redes de distribuição.

Nos dias de hoje, muitas realizações não seriam possíveis sem a energia elétrica, devido ao fato que o mundo se move pela eletricidade e também, na mesma velocidade que ela. Há a possibilidade de ser uma conclusão um tanto relativa, mas é fato que as descobertas e invenções proporcionadas pela energia elétrica são responsáveis pela forma que o mundo é hoje e, principalmente, pela forma como a humanidade pensa e interage com o mundo (GRAY, 2020).

Durante as últimas décadas, a matriz energética de produção de energia elétrica tem-se diversificado de maneira intensiva, como resposta ao aumento dos níveis de consumo. Estudar e compreender a evolução das fontes e demandas energéticas ao longo do tempo é fundamental para projetar futuros cenários possíveis e preparar-se para eles, de modo a possuir energia suficiente para garantir o avanço socioeconômico (SOUTO, 2019).

Entretanto, além de buscarmos a geração de energia suficiente, é indispensável que não apenas haja geração, mas também, o controle e qualidade quanto ao fornecimento. Devido ao constante aumento da falta de energia, os clientes solicitam uma maior solidez no fornecimento, que deve ser garantido pelas concessionárias de energia. Com o intuito de analisar de forma geral, além de garantir a parte de servir as demandas dos clientes com qualidade, tem a ocorrência das perdas técnicas de energia elétrica, que são desfavoráveis em termos qualitativos e financeiros. Desta forma, visando atender as solicitações dos clientes e melhorar sua distribuição energética, as concessionárias elaboraram meios para monitorar esses parâmetros, chamados de indicadores, sendo eles, o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), dentre outros. O resultado obtido através dos indicadores citados explicitou a necessidade de investimentos na modernização e melhora na qualidade da distribuição, buscando atender os indicadores estipulados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Assim, a diretriz é desenvolver novas tipologias de rede com o intuito de minimizar o número de perdas nos indicadores de qualidade e continuidade de energia. De acordo com o cenário apresentado, este trabalho propõe-se apresentar um estudo analítico demonstrando os resultados das melhorias nos indicadores de qualidade e continuidade, por meio da rede Elicord.

1.2 O engajamento e a importância do tema

O desenvolvimento econômico conciliou-se com um grande aumento da qualidade do setor de serviço, de forma a surgir grandes mudanças de comportamento pela conscientização da relevância do ato de servir. Devido as exigências cada vez mais rigorosas dos consumidores de energia, as concessionárias e permissionárias tem incorporado em suas culturas organizacionais, o método de “servicialização”, que compõe a preocupação com a qualidade, satisfação e da permanência dos clientes de forma ativa.

Por esses motivos, a concessionária tem o interesse em realizar a expansão da quantidade de rede e fornecer uma energia com qualidade aos seus consumidores, e tem realizado diversos investimentos relacionados à rede citada. A presença de cargas que demandam energia elétrica considerável, tais os distúrbios, relacionado com algum desvio de tensão, que podem ocorrer na forma de onda ou frequência de tensão, ou até mesmo na corrente elétrica, justificam a necessidade de realizar uma análise previa da qualidade de energia elétrica do local antes e depois das novas tecnologias para rede de 13.8 kV, no presente caso, construção de rede de cabos autossustentados por meio da tipologia Elicord.

1.3 O propósito do trabalho

O trabalho em questão tem o intuito de proporcionar um estudo analítico da qualidade no melhoramento e no fornecimento de energia, colocando em foco a tecnologia Elicord na Região Sul, na cidade de Angra dos Reis, considerando as redes de distribuições aéreas de cabos autossustentados de média tensão de 13.8 kV. Além disso, iremos abordar os tipos de materiais necessários para construção da rede citada; evidenciar as vantagens e desvantagens no uso desse tipo de cabo nas redes de distribuições aéreas de média tensão; embasamento teórico para entendimento de pesquisas futuras.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Qualidade

Durante os anos, a palavra qualidade define-se por meio de vários autores com suas definições próprias, as impressões a respeito da qualidade de um determinado produto ou serviço variam de acordo com o objetivo, o entendimento ou as necessidades individuais (DUARTE, 2013).

A preocupação com a qualidade de bens e serviços é algo recorrente. Os consumidores sempre tiveram o cuidado de verificar os bens e serviços que recebiam em uma relação de troca. Essa preocupação individualizou na chamada era da inspeção, que se regressava para o produto acabado, não produzindo assim qualidade, apenas encontrando produtos defeituosos na razão direta da acuidade da inspeção (BACCA, 2013).

Segundo Souza (2008), diz que:

O termo “qualidade”, na linguagem corrente, tem muitas vezes significados distintos para as pessoas. Entretanto, observa-se que a qualidade de um produto ou serviço que está ligada diretamente à satisfação total do cliente e é obtida através do equilíbrio entre três fatores: qualidade intrínseca, custo e atendimento (qualidade certa, no local e no tempo certo).

Para Corrêa (2007), “a qualidade pode ser considerada como uma característica, propriedade ou estado que torna um produto ou serviço plenamente aceitável”, ou seja, a qualidade citada pode ser dimensionada através da combinação desses fatores.

Cordeiro (2004), diz que:

A Gestão da Qualidade Total ou Total Quality Management (TQM) foi uma prática de gestão bastante popular nas décadas de 1980 e 1990 nos países ocidentais. Os conceitos dessa prática, desenvolvidos inicialmente por autores norte-americanos, como Deming, Juran e Feigenbaum, nas décadas de 1950 e 1960, encontraram no Japão o ambiente perfeito para o seu desenvolvimento durante os anos que se seguiram. No início da década de 1980, o mundo voltava sua atenção para o elevado grau de competitividade alcançado pelas principais indústrias japonesas, cujos produtos chegavam com excelente qualidade e preços relativamente baixos nos principais mercados consumidores do mundo ocidental, passando a constituir uma ameaça para as suas economias.

De acordo com Ishikawa (1993), a qualidade total tem interferência na participação de todos os empregados, incluindo o presidente, qualquer empresa pode oferecer produtos (ou serviços) para minimizar o custo, maximizar as vendas, aumentar os lucros e transformar a empresa em uma organização melhor.

Conforme Juran (1992), a definição de qualidade em serviço inicia com a “adequação ao uso” que é a habilidade na qual o serviço tem de atender suficientemente às necessidades dos clientes.

2.2 Qualidade de Energia Elétrica

Nos dias atuais, a qualidade de energia elétrica nas concessionárias regulamentadora de energia vem passando por transformações nos setores que envolve consumo, transmissão e geração de energia elétrica, desde que integra as áreas de interesse de sistemas da energia elétrica até problemas, para levar aos consumidores serviços de qualidade.

Segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (2019), a qualidade dos serviços em uma concessionária, deve ser avaliada pela qualidade do produto, qualidade do serviço e a qualidade do atendimento ao consumidor.

Mas, o termo qualidade da energia não se aplica apenas à garantia de que a energia fornecida a uma determinada indústria esteja dentro de limites pré-estabelecidos. Também é importante destacar que, atualmente, grande parte dos equipamentos industriais, comerciais ou mesmo residenciais, podem provocar distúrbios nos sinais elétricos repovosáveis pela circulação de energia, sendo responsáveis pelo que hoje se caracteriza como deterioração da qualidade da energia elétrica (CORRÊA, 2007).

Em conformidade com DUARTE (2013), diversos fatores tem a possibilidade de influenciar na qualidade da energia elétrica, sendo eles: os equipamentos elétricos modernos estão mais sensíveis às variações da qualidade da energia, estando suscetíveis a operar em más condições e reduzindo a vida útil; os consumidores tem uma gama de conhecimento mais abrangente sobre os efeitos dos distúrbios elétricos e, desta forma, estão sendo mais rigorosos com as concessionárias em busca de melhoria da qualidade da energia fornecida e ressarcimento dos danos causados nos equipamentos ligados à rede; com o aumento do uso de linhas de comunicações de dados, são necessárias operações sem interrupções das transações comerciais e dos processos de controle industriais. Considerando o assunto de forma abrangente, os principais tipos de distúrbios em qualidade de energia elétrica estão descritos a seguir, sendo feitas análises sobre as suas respectivas aplicações.

- **Variações de Tensões**

A variação de tensão é a alteração dos valores da amplitude da tensão em relação a um valor médio definido como parâmetro, ou seja, se uma tensão eficaz é 220 volts, a variação de tensão se dá quando este valor é alterado para mais ou para menos, como, por exemplo, 225 volts. Esta variação é normalmente expressa em p.u., e naturalmente se transforma em uma porcentagem do valor de referência.

Outro parâmetro que define o tipo de variação de tensão é o tempo que persiste, sendo classificado por momentâneo quando esta duração é menor que três segundos; ou temporário, quando acontece entre 3 segundos e 3 minutos, e pode ser classificado também como variação de tensão de longa duração, quando o tempo ultrapassa 3 minutos.

Outra classificação deste distúrbio da energia elétrica é com relação ao seu valor. Como citei anteriormente, a variação é sempre expressa em p.u., e pode ser classificada em elevação de tensão quando este valor ultrapassa 1,1 p.u., portanto qualquer valor que ultrapassar 10% do valor nominal de referência será considerado elevação de tensão. Se o valor for reduzido entre 0,9 e 0,1 p.u., este fenômeno será conhecido como afundamento de tensão e se o valor reduzir para menos de 0,1 p.u., o fenômeno muda de nome e passa se chamar interrupção.

A variação de tensão também é conhecida com outros nomes como, por exemplo, SAG ou DIP, para afundamentos de tensão e ou SURGE, para elevação de tensão. Também há o termo VTCD para Variação de Tensão de Curta Duração. Conforme Tabela 1 abaixo com o resumo destas variações de tensão.

Tabela 01 – Classificação das variações

Classificação	Denominação	Duração do Evento	Amplitude da Tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a 3 s	Inferior a 0,1 pu
	Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 s	Superior ou igual a 0,1 pu e inferior a 0,9 pu
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 s	Superior a 1,1 pu
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a 3 s e inferior ou igual a 1 minuto	Inferior a 0,1 pu
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a 3 s e inferior a igual a 1 minuto	Superior ou igual a 0,1 pu e inferior a 0,9 pu
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a 3 s e inferior ou igual a 1 minuto	Superior a 1,1 pu

Fonte: Martinho (2008)

- **Flutuação de Tensões**

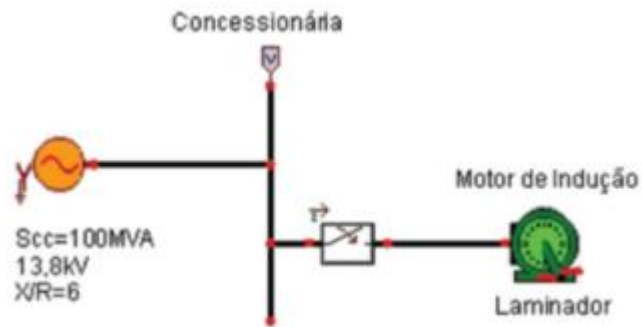
De acordo com BACCA (2013) as flutuações de tensão são variações sistemáticas dos valores eficazes de tensão, ou uma série de mudanças aleatórias, cujas magnitudes normalmente não excedem faixas de valores preestabelecidos. Essas variações, repetitivas, esporádicas ou aleatórias são em geral provocadas pelas alterações rápidas nas potências ativas e reativas das cargas elétricas, como em fornos a arco. Cargas industriais que exibem variações contínuas e rápidas na magnitude da corrente de carga podem causar variações na tensão que são frequentemente referidas como flicker ou oscilação. Dos itens de avaliação da qualidade da tensão, o efeito flicker apresenta destacada importância, de forma que pesquisas mostram que seus principais efeitos se manifestam sobre as pessoas na forma de incômodo visual, irritação, perda de concentração e, nos casos extremos, sob a forma de problemas neurológicos.

As flutuações são normalmente causadas por cargas industriais e apresentam-se de diferentes formas: flutuações aleatórias (principal fonte destas flutuações são os fornos a arco, em que as amplitudes das oscilações dependem do estado de fusão do material, bem como do nível de curto-circuito da instalação); flutuações repetitivas (máquinas de solda, laminadores, elevadores de minas e ferrovias) e flutuações esporádicas (principal fonte causadora destas oscilações é a partida direta de grandes motores).

Os principais efeitos nos sistemas elétricos, resultados das oscilações causadas pelo equipamento mencionado anteriormente, são: variações de potência e torque das máquinas elétricas; diminuição de rendimento dos equipamentos elétricos; interferência nos sistemas de proteção; efeito flicker ou cintilação luminosa.

Como exemplificação da geração de flutuação de tensão, podemos observar o sistema apresentado na Figura 1, sendo composto por uma concessionária e um grande motor, de forma que o conjugado de carga oscila repetitivamente com o tempo, ou seja, este motor pode representar, por exemplo, um laminador.

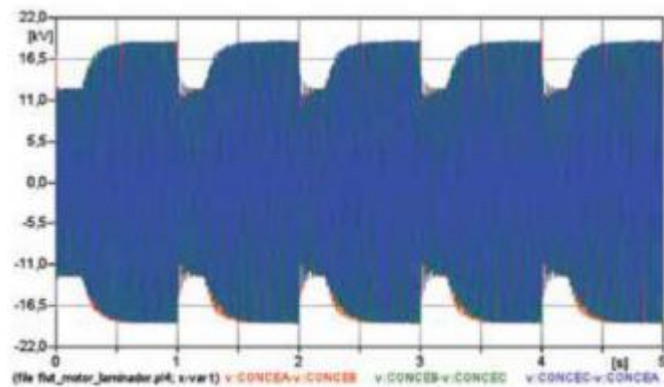
Figura 01 – Flutuação de Tensão



Fonte: Bacca (2013)

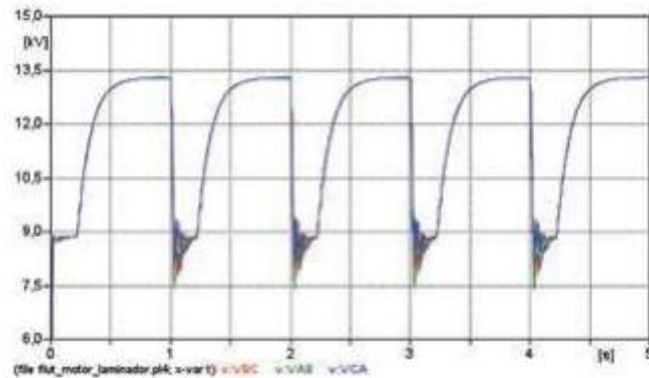
As Figuras 2 e 3 demonstram, respectivamente, as formas de onda das tensões fase-fase no barramento da concessionária e os seus valores eficazes.

Figura 02– Formas de ondas das tensões fase-fase no barramento da concessionária



Fonte: Bacca (2013)

Figura 03 – Tensões eficazes fase-fase no barramento da concessionária.

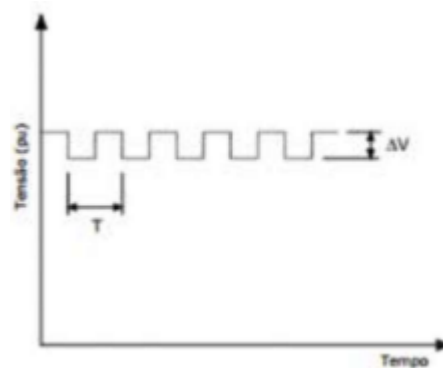


Fonte: Bacca (2013)

Tipos de flutuações de tensão A Norma IEC 60555-3 conceitua quatro tipos diferentes de flutuação de tensão de forma a favorecer a aplicação de métodos de análise e de ensaios de conformidade em equipamentos elétricos.

→ Tipo A: decorrência de uma série repetitiva de variações retangulares em torno de um nível de tensão de referência. Essa flutuação demonstra um padrão bem definido, havendo como variáveis importantes a amplitude e a frequência, conforme mostra a Figura 4.

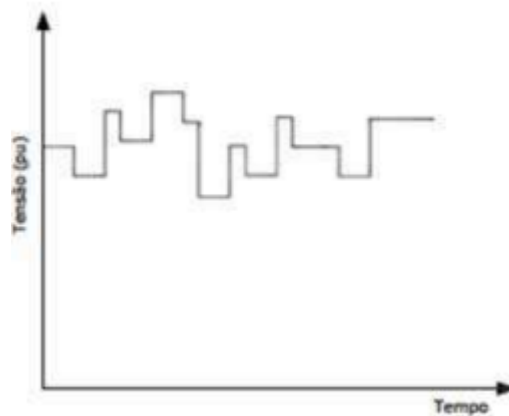
Figura 04 - Flutuação de tensão tipo A



Fonte: Bacca (2013)

→ Tipo B: decorrência da composição de uma série irregular de variações bruscas, não possuindo um período ou ciclo definido. Esse tipo pode representar sucessivos degraus de tensão, crescentes ou decrescentes, determinada pela entrada ou saída de cargas que operam por etapas, tais como elevadores, laminadores, prensas, etc., sendo mostrada na Figura 5.

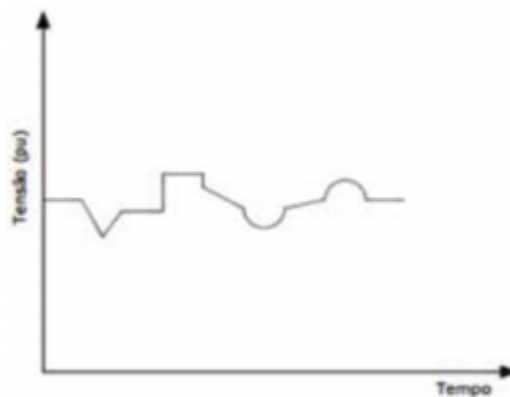
Figura 05 – Flutuação de tensão tipo B



Fonte: Bacca (2013)

→ Tipo C: decorrência da composição de uma série irregular de formas variadas, as quais podem ser por degraus (retangular), em rampa (triangular) ou oscilatórias (senoidais), conforme mostra a Figura 6. É o resultado combinação de vários tipos de cargas, tais como motores, prensas, compressores, etc.

Figura 06 – Flutuação de tensão tipo C.



Fonte: Bacca (2013)

→ Tipo D: decorrência de variações contínuas e aleatórias, normalmente provocadas por cargas com operação intermitentes, tais como fornos a arco elétrico (veja a Figura 7). De acordo com a potência das cargas, esta pode se propagar pelo sistema de transmissão e distribuição.

Figura 07 – Flutuação de tensão tipo D



Fonte: Bacca (2013)

- **Transitórios**

A nomenclatura transitória tem sido aplicada à análise das variações do sistema de energia para denotar um evento que é momentâneo e indesejável. De outra maneira, compreende-se por transitórios eletromagnéticos as manifestações ou respostas elétricas locais ou nas adjacências, oriundas de alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema de energia elétrica. Os sistemas elétricos estão sujeitos a inúmeros fenômenos transitórios, variando desde as oscilações eletromecânicas até as rápidas variações de tensões e correntes proporcionadas por chaveamentos ou alterações bruscas de estado. Normalmente a duração de um transitório é muito pequena, mas de grande importância, desde que os equipamentos incluídos nos sistemas elétricos estarão submetidos a grandes solicitações de tensão e/ou corrente. Os fenômenos transitórios podem ser:

→ **Transitório impulsivo:** é uma súbita alteração não desejável no sistema, que encontra-se em condição de regime permanente, refletido nas formas de ondas da tensão e/ou corrente, sendo unidirecional na sua polaridade (primeiramente positivo ou negativo). Em razão da alta frequência, os transitórios impulsivos são amortecidos rapidamente devido à resistência dos componentes do sistema. Normalmente não são conduzidos para muito longe do ponto onde foram produzidos. Esses transitórios podem excitar ressonâncias naturais do sistema elétrico e provocar outros tipos de transitórios, como os transitórios oscilatórios. Normalmente são causados por descargas atmosféricas com frequências bastante diferentes daquela da rede elétrica. A Figura 8 e demonstra um exemplo de descarga atmosférica.

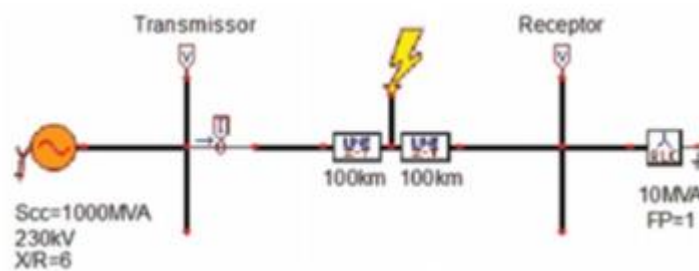
Figura 08 – Descarga atmosférica



Fonte: Mundo da elétrica (2011)

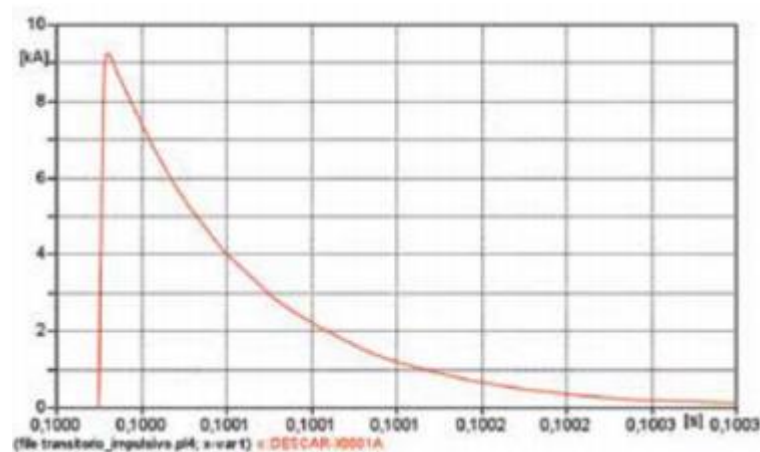
Como anteriormente citado, a causa mais comum de transitórios impulsivos são as descargas atmosféricas. Devido à alta frequência do sinal resultante, a forma dos transitórios impulsivos pode ser alterada rapidamente pelos componentes do circuito e apresentar características significantes quando observadas de diferentes partes do sistema de energia. Em sistemas de distribuição, o caminho mais provável para as descargas atmosféricas é por meio de um condutor fase, no primário ou no secundário, causando altas sobre tensões no sistema. Uma descarga diretamente na fase geralmente causa flash over na linha próxima ao ponto de incidência e pode gerar não somente um transitório impulsivo, mas também uma falta acompanhada de afundamentos de curta duração e interrupções. Altas sobre tensões transitórias podem também ser geradas por descargas que fluem ao longo do condutor terra, conforme as Figuras 9, 10 e 11 abaixo.

Figura 09 – Aplicação de uma descarga atmosférica em um determinado sistema elétrico.



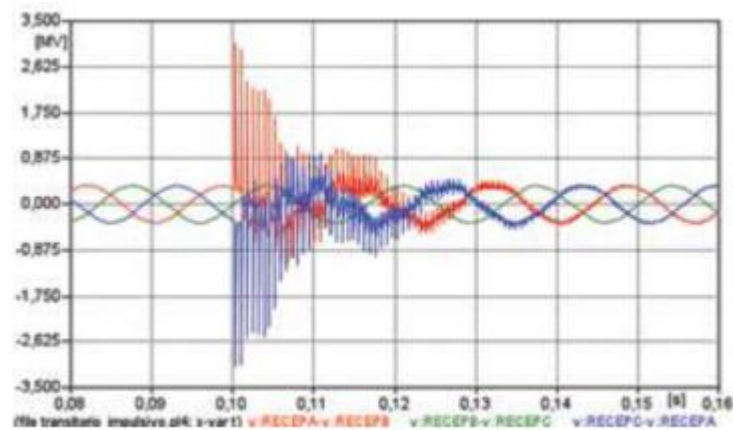
Fonte: Duarte (2013)

Figura 10 – Corrente resultante da descarga atmosférica.



Fonte: Duarte (2013)

Figura 11– Tensão fase-fase no receptor do sistema analisado.



Fonte: Duarte (2013)

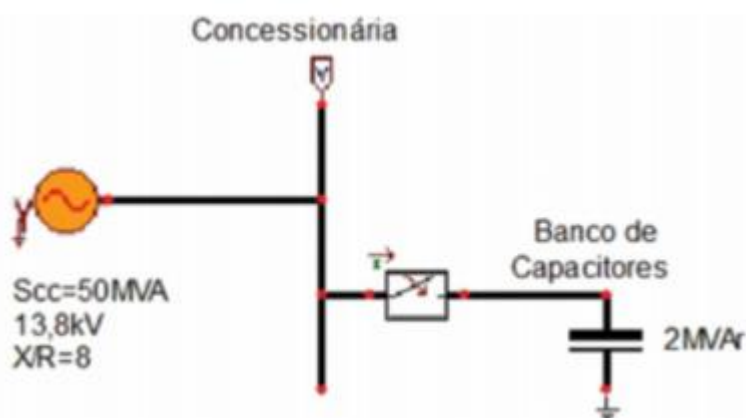
Existem numerosos caminhos através dos quais as correntes de descarga podem fluir pelo sistema de aterramento, tais como o terra do primário, o terra o secundário e as estruturas do sistema de distribuição. Os principais problemas de qualidade da energia causados por estas correntes no sistema de aterramento são os seguintes: elevação do potencial do terra local, em relação a outros terras, em vários kV; equipamentos eletrônicos sensíveis que são conectados entre duas referências de terra, tal como um computador conectado ao telefone por meio de um modem, podem falhar quando submetidos aos altos níveis de tensão; indução de altas tensões nos condutores fase, quando as correntes passam pelos cabos a caminho do terra. Em se tratando de descargas em pontos de extra alta tensão, o surto se propaga ao longo da linha em direção aos seus terminais, podendo atingir os equipamentos instalados em subestações de manobra ou abaixadoras. Entretanto, a onda de tensão, ao percorrer a linha, desde o ponto de incidência até as subestações abaixadoras para a tensão de distribuição, tem o seu valor de máximo

consideravelmente atenuado, e assim, consumidores ligados na baixa tensão não sentirão os efeitos advindos de descargas atmosféricas ocorridas em nível de transmissão. Contudo, os consumidores atendidos em tensão de transmissão e supostamente localizados nas proximidades do ponto de descarga estarão sujeitos a tais efeitos, podendo ocorrer a danificação de alguns equipamentos de suas respectivas instalações. Como principais medidas para mitigar os efeitos desses transitórios destacam-se o uso de filtros, supressores de surtos (para-raios) e transformadores isoladores.

→ Transitórios oscilatórios: é uma súbita alteração não desejável da condição de regime permanente da tensão, corrente ou ambas, no qual as mesmas incluem valores de polaridade positivos ou negativos. É definido através do seu conteúdo espectral (frequência predominante), duração e magnitude da tensão.

→ Transitórios oscilatórios de baixa frequência: apresenta uma frequência primária menor do que 5 kHz, e uma duração de 0,3 ms a 50 ms. Esses transitórios são constantemente encontrados nos sistemas de subtransmissão e de distribuição das concessionárias e são causados por vários tipos de eventos. Dentre esses eventos, o mais habitual origina-se da energização de bancos de capacitores, que tipicamente resulta em uma tensão transitória oscilatória com uma frequência primária entre 300 Hz e 900 Hz. O pico da magnitude pode alcançar 2,0 pu, mas são normalmente entre 1,3 pu a 1,5 pu com uma duração entre 0,5 e 3 ciclos dependendo do amortecimento do sistema, conforme abaixo, na Figura 12.

Figura 12 - Sistema formado por uma concessionária e um banco de capacitores.

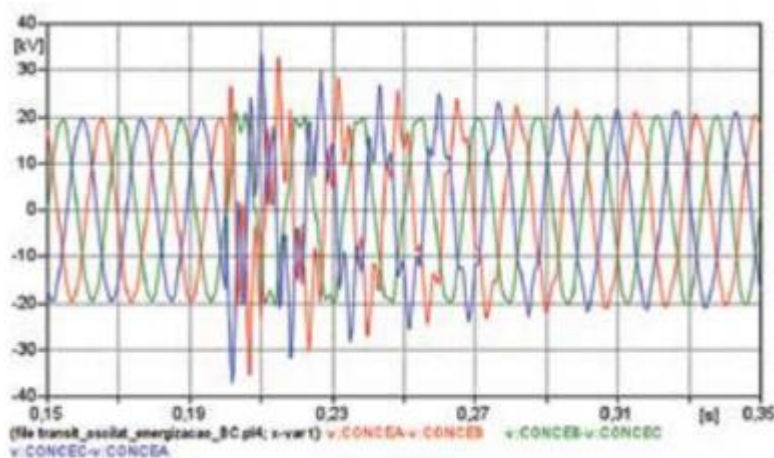


Fonte: Duarte (2013)

A tensão no barramento e a corrente do banco de capacitores encontram-se ilustrada na Figura 13. Levando em consideração o crescente emprego de capacitores pelas concessionárias para a manutenção dos níveis de tensão, e pelas indústrias com vistas à correção do fator de

potência, têm-se constatado uma preocupação especial no que se diz respeito à possibilidade de se estabelecer uma condição de ressonância, devido às oscilações de altas frequências, entre o sistema da concessionária e a indústria, e desta maneira, suceder uma amplificação das tensões transitórias, bem superiores às indicadas anteriormente, que são capazes de atingir níveis de 3 pu a 4 pu. Uma metodologia costumeira para limitar a magnitude da tensão transitória é transformar os bancos de capacitores do consumidor, usados para corrigir o fator de potência, em filtros harmônicos, conforme a Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Tensão fase-fase no barramento da conexão do banco de capacitores.



Fonte: Duarte (2013)

Considerando a indutância em série com o capacitor, ocorrerá a redução da tensão transitória na barra do consumidor a níveis aceitáveis. Na metodologia da concessionária, encontra-se o chaveamento dos Bancos com resistores de pré-inserção para alcançar os níveis citados. Desta forma, com a utilização desses resistores no circuito, o primeiro pico do transitório, que são responsáveis por causar os maiores prejuízos, é significativamente amortecido.

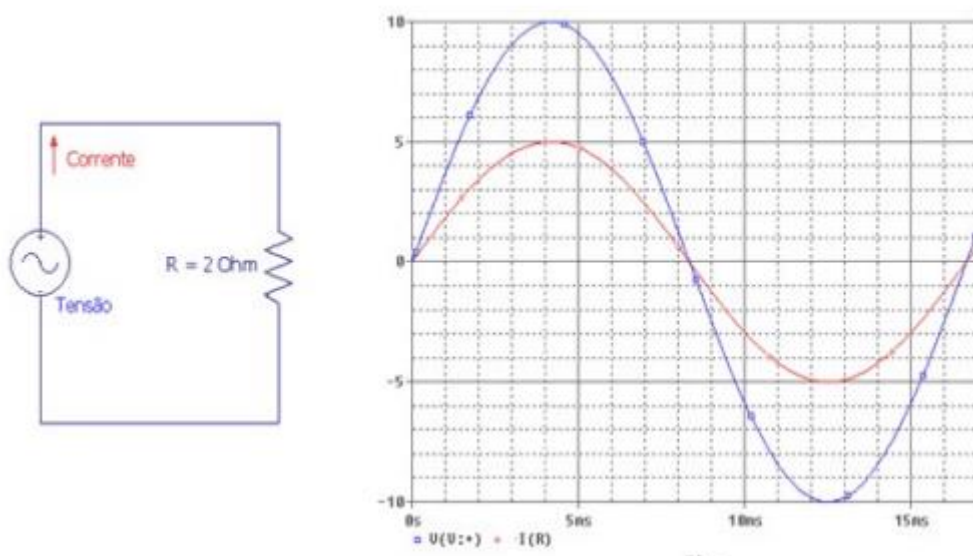
• Fator de Potência

A partir do surgimento das Leis de Faraday e de Lenz, a viabilização dos projetos de transmissão de energia em corrente alternada e do uso dessa técnica empregada para as mais diversas tarefas, passaram a ser questionada, tornando esses princípios inviáveis. Motores, transformadores, refrigeradores, fornos a arco, reatores, entre outros eletrodomésticos construídos à base de indutores, tornaram-se responsáveis pela reinvenção da indústria e pela melhoria na qualidade de vida, transmitindo conforto as residências por meio dessa evolução. Entretanto, a utilização rotineira e contínua desses aparelhos, vieram a criar um problema para a sociedade, o consumo elevado de energia, sendo que parte dessa demanda é destinada apenas

à magnetização do núcleo ferromagnético. A partir dessa problemática gerou-se as primeiras narrativas sobre o fator de potência.

→ Ângulo de defasagem: é a diferença de fase entre tensão e corrente, considerando um resistor em corrente contínua e alternada, pode-se dizer que seu funcionamento é semelhante, sendo a forma de onda da corrente passante, de acordo com a figura 14, tendo a mesma forma da onda de tensão, mesmo que seja em diferentes frequências ou tipos de onda e a forma de onda da tensão é idêntica e em fase com a forma de onda de corrente.

Figura 14 - Apresentação de circuito resistivo

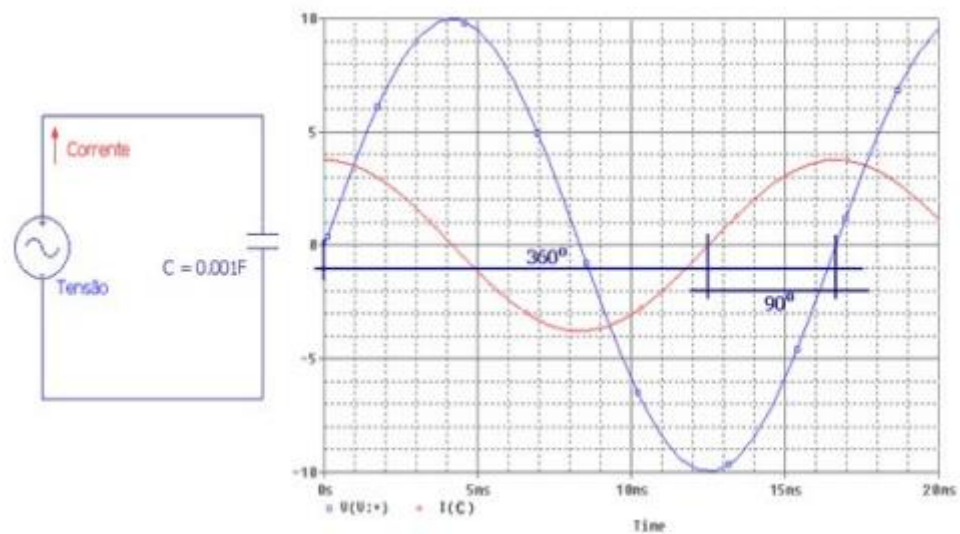


Fonte: Paulillo (2013)

Como podemos constatar, capacitores e indutores não permanecem com formas de onda de tensão e corrente iguais. O primeiro, atrasa a tensão em relação à corrente, com a necessidade de gerar o campo elétrico variável, sendo que a forma de onda de corrente encontra-se adiantada 90° (ocorre 90° antes) em relação à forma de onda da tensão. Em relação ao segundo, devido à necessidade de energia para a criação do campo magnético circulante no núcleo, atrasam a corrente em relação a tensão.

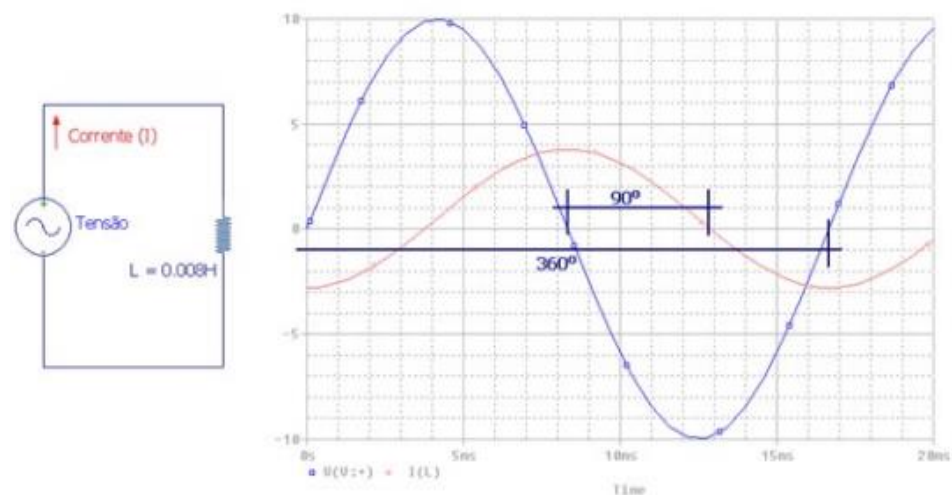
O formato de onda de corrente encontra-se atrasada 90° (ocorre 90° depois) em relação à forma de onda da tensão.

Figura 15 – Apresentação de circuito puramente capacitivo.



Fonte: Paulillo (2013)

Figura 16 – Apresentação de circuito puramente indutivo.



Fonte: Paulillo (2013)

Vale ressaltar que os capacitores e indutores não realizam nenhum tipo de trabalho, considerando as suas estruturas elementares, ou seja, a corrente consumida por eles é apenas usada para criação dos campos elétrico e magnético.

Em relação à corrente alternada perfeitamente senoidal, conceitua-se fator de potência como o cosseno do ângulo de defasagem entre tensão e corrente.

Equação 01 – Fórmula

$$FP = \cos (\theta) \quad (1)$$

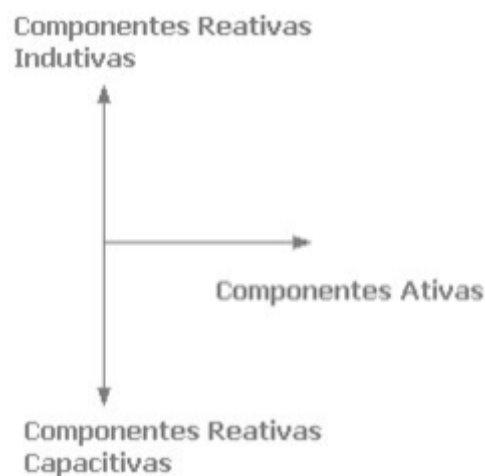
Sendo assim, temos para cada tipo de circuito a sua característica: resistivo, sendo o $FP = \cos(0^\circ) = 1$ (toda a energia consumida é transformada em trabalho, ou seja, em calor); capacitivo, sendo o $FP = \cos(-90^\circ) = 0$ (a energia consumida não é transformada em trabalho); indutivo, sendo o $FP = \cos(90^\circ) = 0$ (a energia consumida não é transformada em trabalho).

O fator de potência é um método indispensável para discernir qual parte da potência consumida está de fato transformando energia em algum tipo de trabalho.

Vale ressaltar dentro desse contexto, o conceito de mais três grandezas: potência aparente (S), sendo o consumo total da potência, dada em VA (volt-ampere); potência ativa (P), sendo a potência que realiza efetivamente trabalho, dada em W (Watts) e potência reativa (Q), sendo a potência responsável pela geração dos campos magnéticos e elétricos, dada em Var (volt-ampere reativo).

Os diferentes tipos de potências citados acima, estão relacionadas entre si através do Triângulo de Potências, demonstrado na figura 17.

Figura 17 – Triângulo de Potência

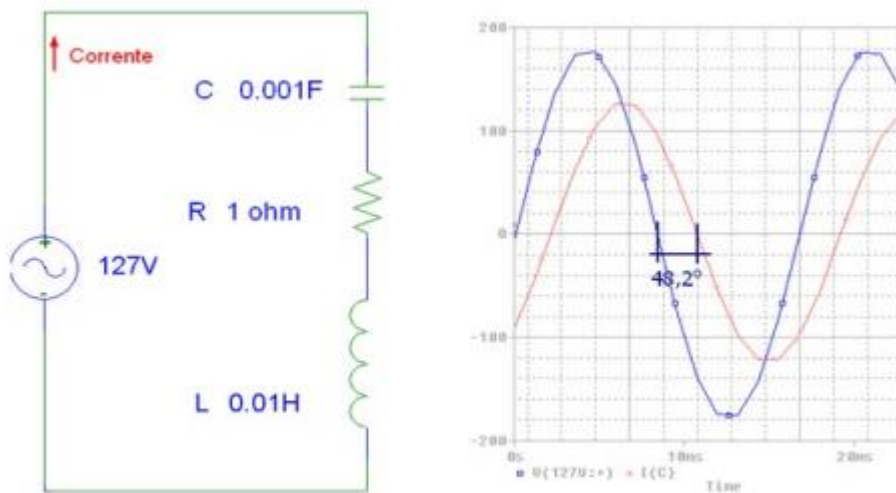


Fonte: Paulillo (2013)

As componentes reativas resultantes da atuação de indutores são dispostas no eixo vertical superior enquanto que componentes reativas resultantes da atuação de capacitores são dispostas no eixo vertical inferior. As componentes ativas, realizadoras de algum tipo de trabalho, devem ser dispostas no eixo horizontal.

Baseado em cálculos específicos, encontra-se os valores das potências dos três elementos do circuito, lembrando que indutores e capacitores possuem apenas componentes reativos de potência, e resistores possuem apenas componentes ativos.

Figura 18 – Circuito RCL



Fonte: Paulillo (2013)

A potência reativa resultante da ação do capacitor (Q_C) = 18959 Var capacitivo

A potência reativa resultante da ação do indutor (Q_L) = 26972 Var indutivo

A potência ativa resultante da ação do resistor (P_R) = 7154 W

A Potência Reativa resultante é a diferença entre as Potências Reativas Indutiva e Capacitiva. Este é o princípio da Correção de Fator de Potência.

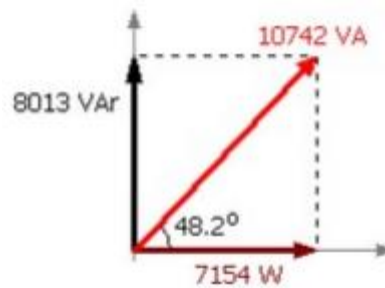
Figura 19 – Potências reativas e ativas no plano



Fonte: Paulillo (2013)

A Potência Aparente é a soma vetorial entre potência ativa e reativa.

Figura 20 – Descoberta da potência aparente



Fonte: Paulillo (2013)

Podemos perceber que o ângulo entre a potência aparente e a potência ativa é exatamente igual ao ângulo de defasagem entre a tensão da fonte e a corrente do circuito RLC, ou seja, concluímos que quanto mais próximo de 0° for o ângulo de defasagem, mais eficiente será a utilização da energia consumida e maior será o fator de potência do circuito.

Equação 02 – Aplicação do fator de potência

$$FP = \cos (48,29^\circ) = P / S = 7154 / 10742 = 0,67 \quad (2)$$

A correção do fator de potência é definida como o acréscimo de elementos que irão produzir potência reativa oposta à potência reativa constatada no circuito em que se busca efetuar a correção, até que se alcance o fator de potência desejado.

Simulando a hipótese de que queiramos elevar o fator de potência da carga para 0,9. Sabe-se que a componente reativa da carga é em sua maioria indutiva. Desta forma, faz-se necessário acrescentar um capacitor à carga de maneira que ele produza energia reativa suficiente para diminuir o ângulo entre potência aparente e ativa. Com isso, considerando o novo fator de potência, o ângulo de defasagem (θ) corrigido deverá ser:

Equação 03 – Fórmula

$$FP = 0,90 = \cos (\theta) \quad (3)$$

$$\theta = \arccos (0,90) = 25,80^\circ$$

Equação 04 – Fórmula

$$\tan (\theta) = \text{cateto oposto} / \text{cateto adjacente} \quad (4)$$

Equação 05 – Fórmula

$$Q \text{ corrigido} = P \cdot \tan (\theta) = 7154 \cdot \tan (25,80^\circ) = 2458 \text{ Var}$$

$$\tan (\theta) = Q \text{ corrigido} / P \quad (5)$$

Esse é o valor da nova potência reativa que a carga deverá assumir para que ela adquira fator de potência igual a 0,90. Sendo assim, deve-se acrescentar à carga em um capacitor que produza uma energia reativa igual a:

Equação 06 – Fórmula

$$Q_{\text{capacitor}} = Q_{\text{carga}} - Q_{\text{corrigido}} = 8013 - 3458 = 4555 \text{ Var} \quad (6)$$

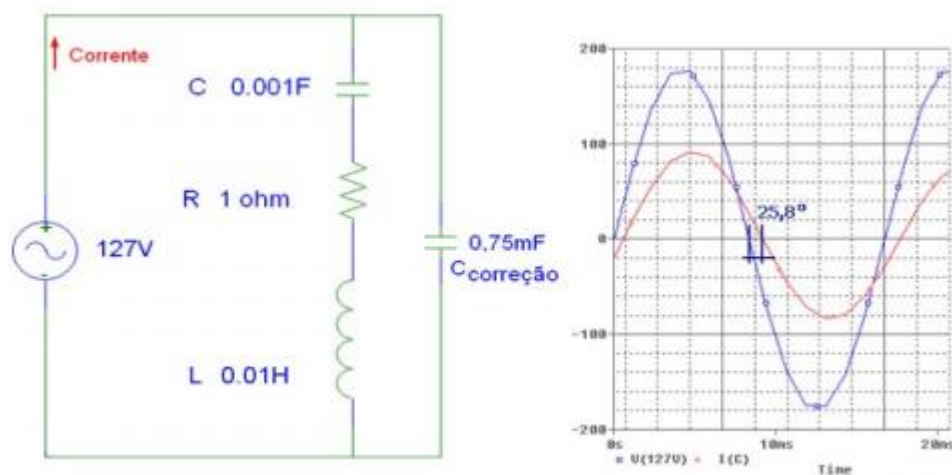
Logo após os cálculos específicos, podemos concluir que, para executar a correção, deve-se instalar junto à carga um capacitor de 0,00075F.

Equação 07 – Fórmula

$$C = 0,00075\text{F} = 0,75\text{mF} \quad (7)$$

De acordo com a equação 08, o fator de potência aumentou para 0,90, reduzindo o valor da corrente e diminuindo o ângulo de defasagem entre tensão e corrente.

Figura 21 – Circuito com carga corrigida



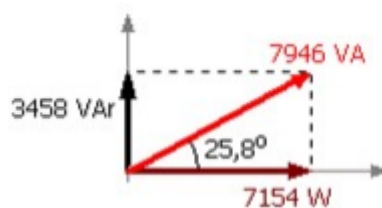
Fonte: Paulillo (2013)

Através do teorema de Pitágoras, consegue-se determinar o valor da potência aparente:

Equação 08 – Fórmula

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{7154^2 + 3458^2} = 7946 \text{ VAr} \quad (8)$$

Figura 22 – Triângulo de potência com a carga corrigida



Fonte: Paulillo (2013)

Permite-se dizer que a energia reativa impreterível para magnetização dos enrolamentos do indutor foi disponibilizada alternativamente pelo capacitor de correção e não mais pela fonte, concessionárias de energia, aliviando o alimentador dessa corrente reativa.

A enorme maioria dos aparelhos eletroeletrônicos disponibilizados no mercado para serem vendidos hoje no Brasil, são de natureza indutiva e com fator de potência menor que 0,90. Em geral, as principais vantagens da correção do fator de potência com a inclusão de bancos de capacitores são: aumento da eficiência energética, aumento da capacidade de manobra dos equipamentos, aumento da vida útil das instalações e equipamentos, melhoria na tensão, redução do efeito Joule e redução da corrente reativa na rede de energia.

2.3 Indicadores de continuidade da rede de distribuição

A qualidade dos serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica, são determinadas através dos indicadores de continuidade do fornecimento. Além disso, esses parâmetros são regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgão responsável por regulamentar a qualidade no fornecimento de energia elétrica, usando como método a duração e a frequência dos eventos de falta de energia.

No Brasil, os indicadores de qualidade são: DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC, com o intuito de verificar a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica no País. A ANEEL deliberou em 27 de janeiro 2000 a Resolução 024, que disponibiliza os indicadores de continuidade padrões que necessitam serem seguidos. Em seguida, serão abordados individualmente todos os indicadores de continuidade.

A Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC), foi criada para mensurar o intervalo de tempo que, em média, cada unidade consumidora permanece com a energia interrompida, ou seja, esse indicador demonstra a ocorrência de descontinuidade na rede distribuição, entretanto, vale ressaltar que a contabilização é realizada apenas em interrupções com intervalos superiores à 03 minutos.

Equação 09 – Fórmula para calcular o DEC

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^n Ca(i) \times t(i)}{Cs}$$

Sendo:

Ca(i) = número de unidades consumidoras interrompidas em um evento (i), no período de apuração;

t(i) = duração de cada evento (i), no período de apuração;

i = índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em uma ou mais unidades consumidoras.

k = número total de eventos no período considerado;

cc = número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

A Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), foi criada para registrar o número de interrupções ocorridas, em média, em cada unidade consumidora, entretanto, esse indicador contabiliza apenas a frequência de interrupções iguais ou superiores à 03 minutos.

Equação 10 – Fórmula para calcular o FEC

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^n Ca(i)}{Cs}$$

Sendo:

Ca(i) = número de unidades consumidoras interrompidas em um evento (i), no período de apuração;

t(i) = duração de cada evento (i), no período de apuração;

i = índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em uma ou mais unidades consumidoras;

k = número máximo de eventos no período considerado;

C_c = número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

A Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC), é o intervalo de tempo que em cada unidade consumidora ocorreu descontinuidade da distribuição de energia, entretanto, contabiliza-se apenas o intervalo de tempo de cada interrupção individualmente, que sejam iguais ou superiores à 03 minutos.

Equação 11 – Fórmula para calcular o DIC

$$DIC = \sum_{i=1}^n t_i$$

Sendo:

i = índice de interrupções da unidade consumidora, no período de apuração, variando de 1 a n ;

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

$t(i)$ = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada, no período de apuração.

A Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC), é o indicador que calcula o número de interrupção ocorridas, entretanto, contabiliza-se apenas as interrupções que sejam iguais ou superiores à 03 minutos, por meio do número de interrupções (n) de cada unidade consumidora.

Equação 12 – Fórmula para calcular o FIC

$$FIC = n$$

A Duração Máxima de Interrupção Continua por Unidade Consumidora (DMIC), é o indicador que calcula o intervalo de tempo que, em cada unidade consumidora tem a descontinuidade no fornecimento da distribuição de energia, ou seja, estabelece um limite máximo para duração de uma interrupção, visando manter a qualidade no fornecimento, não deixando os clientes sem energia por muito tempo.

Equação 13 – Fórmula para calcular o DMIC

$$DMIC = t(i)_{max}$$

Sendo:

i = índice de interrupções da unidade consumidora, no período de apuração, variando de 1 a n ;

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

$t(i)$ = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

e = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção (i), no período $t(i)$ max de apuração, verificada na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas.

2.4 A evolução do setor energético e suas inovações

O setor elétrico tem sido submetido à grandes inovações através de novas tecnologias, que vem causando mudanças ao longo dos anos, com intuito de promover o aumento da qualidade no fornecimento de energia aos seus consumidores. Dessa forma, as concessionárias têm realizado investimentos em novas tecnologias buscando alcançar os padrões estabelecidos pela ANEEL, que resultaria no objetivo principal que é atender os clientes com eficiência e confiabilidade. Levando em consideração às evoluções citadas, o presente trabalho possui o propósito de apresentar três tecnologias implementadas na região sul, na cidade de Angra dos Reis. Após essa apresentação geral, será abordado especificamente a nova tecnologia elicord, e os impactos dessa nova implementação nas redes de distribuição de energia da concessionária na região.

- **Rede de distribuição aérea convencional**

Uma rede de distribuição aérea convencional é construída fundamentalmente por postes de concreto circular ou duplo “T”(podendo também, ter poste de fibra ou ferro, em locais sem acesso para caminhões); cruzetas; isoladores; para-raios; braço de iluminação pública; condutores; transformadores; bancos de capacitores; chaves corta-circuito; chaves a óleo (equipamentos destinados a estabelecer, conduzir e interromper circuitos elétricos); e os cabos, que podem variar entre cobre e alumínio, sendo necessário ressaltar que para todas as instalações ou substituições recentes, são utilizados apenas alumínio. O cabeamento pode ser dividido em primária, de 34,5kV, 23kV, 13,8 kV e 11,9 kV, ou secundária, de 220 e 127 V, sendo os padrões estabelecidos de acordo com as concessionárias e suas regiões.

Figura 23 – Poste de concreto circular com 03 níveis de rede aérea convencional



Fonte: Autor (2021)

Figura 24 – Poste de concreto duplo “T” em rede aérea convencional com derivação



Fonte: Autor (2021)

De acordo com ABRADÉE (2019), esse tipo de rede citada, ainda é muito utilizada no Brasil, sendo os condutores em sua maioria, nus, ou seja, sem isolamento, entretanto, os condutores cobertos e isolados também são usados. O padrão de rede citado é mais propenso a desarme da rede por circunstâncias de causas ambientais e naturais, como por exemplo quando há contato de galhos de árvores em contato com os condutores elétricos.

Algumas das características peculiares da rede de distribuição aérea convencional, são os fatos de utilizarem preferencialmente os condutores nus, os apoios desses cabos serem realizados encima de cruzetas de madeira, concreto ou fibra e as fixações através de isoladores de vidro, porcelana ou fibras de vidro. Esse padrão de rede de distribuição está totalmente exposto em relação às interferências do meio ambiente, apresentando alta taxa de falhas e necessitando a execução de podas de forma rotineira, devido ao fato de que o contato entre o galho e a rede, provoque a operação do equipamento de proteção do circuito. Sendo o contato fixo, o equipamento não retorna a seu funcionamento até que seja retirado os galhos, deixando a parte do circuito afetado em diante (sentido carga), desligado por causa da vegetação.

Os condutores nus não possuem revestimento isolante de qualquer natureza; os cobertos são revestidos de material isolante, sendo, porém, a espessura deste insuficiente para isolá-lo na tensão normal da linha onde está aplicada o cabo e os isolados tem a espessura de material isolante sobre o cabo suficiente para isolá-lo em casos de contatos permanentes para valores de tensão elétrica igual a nominal do cabo.

Tabela 02 – O condutor de alumínio

Item	Secção Nominal (mm ²)	Peso Específico Aproximado (kg/km)	Ampacidade(A)
1	3 x 35 + 1 x 50	620	98
2	3 x 50 + 1 x 50	734	121
3	3 x 70 + 1 x 50	978	150
4	3 x 95 + 1 x 50	1216	188
5	3 x 150 + 1 x 50	1893	270

Fonte: Enel (2021)

Tabela 03 – O condutor de cobre

Item	Secção Nominal (mm ²)	Peso Específico Aproximado (kg/km)	Ampacidade(A)
1	3 x 95 + 1 x 50	3471	245
2	3 x 70 + 1 x 50	2430	196
3	3 x 35 + 1 x 35	1476	124
4	3 x 25 + 1 x 25	990	105
5	3 x 16 + 1 x 16	645	88

Fonte: Enel (2021)

Nas redes convencionais, os condutores nus são expostos a todos os tipos de condições externas à rede. Todavia, as descargas atmosféricas são as mais costumeiras para esse tipo de rede, em contatos momentâneos ou permanentes com partes aterradas. Os efeitos associados a esses tipos de condições geralmente levam a curtos-circuitos que necessitam a atuação da proteção da rede e o conseqüentemente, ocorre o desligamento da linha.

- **Rede de distribuição aérea compacta**

As redes de distribuição aérea compacta, são projetadas de forma integrada, conciliando o cumprimento das normas e regulamentações (sejam elas padrões de rede ou meio ambiente), condições de execução, confiabilidade, meio ambiente, tecnologia e o custo, sendo critérios básicos e primordiais para garantir a funcionalidade, qualidade e a maximização dos recursos financeiros disponíveis para tais projetos. A rede aérea compacta primária (média tensão), também conhecida como rede space, possuem características singulares, como a utilização de novas estruturas (não são feitas de cruzeta) e cabos cobertos. Esse tipo de cabo é considerado não isolado para todos os aspectos de segurança, mas devido ao fato de os condutores serem cobertos com material isolante permite que eles sejam instalados mais próximos uns dos outros e também mais próximos a galhos de árvores, formando uma rede compacta, ocupando, conseqüentemente um espaço reduzido, e não estando suscetíveis aos desarmes dos circuitos na mesma proporção dos cabos nus.

Figura 25 – Instalação de rede aérea compacta no centro de Angra dos Reis



Fonte: Autor (2021)

Figura 26 – Rede aérea compacta com dois alimentadores (02 níveis de rede)



Fonte: Autor (2021)

A rede de distribuição aérea compacta geralmente é utilizada em casos especiais, a critério da concessionária de energia elétrica, entretanto, costumam ser usadas nas seguintes condições: instalação de circuitos múltiplos na mesma estrutura, principalmente na saída de alimentadores das subestações; alimentadores expressos ou áreas onde seja exigido um alto grau de confiabilidade devido a existência de consumidores especiais, como hospitais, emissoras de televisão, entre outros; áreas com espaço reduzido para construção de novos alimentadores; áreas de centros comerciais onde o espaço para instalação da rede seja reduzido, principalmente devido a marquises, janelas, sacadas, entre outros; áreas de preservação ambiental; áreas densamente arborizadas e outras áreas que por conveniência técnica seja exigido este tipo de padrão.

Tabela 04 – Os condutores cobertos 25kV

Seção Nominal (mm ²)	Formação Mínima (Nº de Fios)	Diâmetro do Condutor (mm)	Massa (kg/km)	Carga de Ruptura mínima (daN)	Diâmetro Total (mm)	Resistência Elétrica c.c. Máxima a 20 °C (Ohm/km)	Ampacidade (A)
35	06	6,60 a 7,50	235	455	14,80 a 17,40	0,868	186
50	06	7,70 a 8,60	385	650	16,00 a 18,60	0,641	224
70	12	9,30 a 10,20	370	910	17,50 a 20,10	0,443	280
185	30	15,50 a 16,80	770	2.405	23,80 a 26,40	0,164	519
240	30	17,80 a 19,20	960	3.120	26,00 a 29,10	0,125	617

Fonte: Enel (2021)

O condutor com seção de 35 mm² XLPE em alumínio coberto também pode ser usado nos jumpers dos para-raios e na alimentação dos transformadores de distribuição, tanto na rede nua como protegida.

→ Cabo mensageiro: o esforço mecânico dos condutores e espaçadores da rede aérea compacta são transmitidos aos postes através do cabo mensageiro, que é constituído de uma cordoalha de aço de 9,5 mm de diâmetro.

→ Espaçadores poliméricos: os espaçadores poliméricos que também são conhecidos como “cavalo marinho”, são utilizados para realizar o espaçamento entre as fases.

Figura 27 – Espaçador losangular (“cavalo marinho”)



Fonte: Enel (2021)

→ Aspectos de segurança: a rede de distribuição aérea compacta deve ser considerada como rede nua quanto aos aspectos de segurança que envolva construção, operação e manutenção. Considerando as redes space e nua, seus condutores e acessórios não devem ser tocados enquanto a rede não estiver desligada e devidamente aterrada, exceto na condição de linha viva (utiliza coberturas isolantes e luvas apropriadas, além de terem o treinamento adequado), sob pena de colocar em risco a segurança dos envolvidos nas atividades. O cabo mensageiro deve ser aterrado nas estruturas de final de rede, na distância máxima de 300 m ao longo da rede compacta e em estruturas com equipamentos, além de haver a necessidade de instalar aterramento e para-raios no poste que houver mudança de bitola de rede space para nua.

- **Rede de distribuição subterrânea**

A característica peculiar de uma rede de distribuição subterrânea é sua topologia, onde toda infraestrutura da rede não é facilmente identificada, reduzindo a poluição visual e aumentando a noção de amplitude em ambientes externos densamente povoados, com grande fluxo de pessoas e edificações, ou seja, a sua instalação permite trazer qualidade à parte estética da região que recebe o investimento. Esse tipo de rede deve atender as mesmas características elétricas, de manobra e de proteção adotadas na rede aérea, seguindo os padrões especificados pela ANEEL.

Figura 28 – Rede subterrânea



Fonte: Autor (2021)

Tabela 05 – Sistema elétrico da Enel Rio para rede subterrânea

Características	Enel Rio
Frequência	60Hz
Número de Fases	3
Classe de Agressividade Ambiental (NBR 6118)	NOTA 1
Categoria de Corrosividade da Atmosfera (NBR 14643)	NOTA 1
Sistema de Média Tensão (3 fios)	
- Tensão Nominal	13,8kV
- Tensão Máxima de Operação	15kV
- Nível Básico de Isolamento no Sistema de Distribuição	95kV
- Capacidade de Interrupção Simétrica dos Equipamentos de Disjunção	18kA
- Temperatura ambiente	35°C
- Profundidade de montagem	1m
- Distância horizontal entre fases	70mm + DNOTA 2
- Resistividade térmica do solo (Kelvin.metro/Watt)	1,0K.m/W
- Temperatura de operação	90°C
- Umidade relativa média (sem condensação)	80%
- Altitude	<1.000m
- Profundidade intermitente em água	<1,8m
Sistema de Baixa Tensão (4 fios)	
- Tensão do Sistema Trifásico	220V
- Tensão do Sistema Monofásico	127V
- Temperatura ambiente	40°C
- Profundidade de montagem	0,60m
- Distância entre fases	Condutores instalados na mesma tubulação
- Resistividade térmica do solo (Kelvin.metro/Watt)	1,0K.m/W
- Temperatura de operação	90°C
- Umidade relativa média (sem condensação)	80%
NOTA 1: Indicado pela DTA-042	
NOTA 2: Diâmetro da tubulação	

Fonte: Enel (2021)

Tabela 06 - Condutores utilizados na rede subterrânea de média tensão 8,7/15kV

Seção do Condutor (mm ²)	Código Enel Rio	Tipo de Cabo	Corrente (A)	Resistência Máxima (Ω/km)	Diâmetro Externo Aproximado (mm)
35	6805964	AAC-1350	150	0,868	25,5
50	6771518	AAC-1350	174	0,641	26,7
70	6804580	AAC-1350	210	0,443	28,7
120	6805965	AAC-1350	300	0,253	31,0
185	6792079	AAC-1350	380	0,164	34,5
240	6805960	AAC-1350	445	0,125	36,5
300	6804581	AAC-1350	450	0,100	41,2
400	6804341	AAC-1350	575	0,0778	43,0

Fonte: Enel (2021)

→ Condutores utilizados: os condutores utilizados na rede de média tensão subterrânea podem ser unipolares ou triplexados, de alumínio isolado com XLPE, com camada semicondutora para uniformização do campo, blindagem de cobre e isolamento externa em ST7 ou PVC ST2.

- **Rede Elicord**

A NBR 6251 (ASSOCIAÇÃO..., 2000, p. 2) apresenta uma padronização para a construção dos cabos de potência para instalações fixas, sejam unipolares, multipolares ou multiplexados, para tensões nominais de 1 kV 58 a 35 kV. Esses cabos possuem alguns tipos de isolamento, como a borracha de etilenopropileno, designada de EPR, e de cobertura, como o policloreto de vinila, designado ST2. As tensões de isolamento previstas na norma são 0,6/1 kV, 1,8/3 kV, 3,6/6 kV, 6/10 kV, 12/20 kV, 15/25 kV e 20/35 kV.

Figura 29 – Rede Elicord



Fonte: Autor (2021)

Em relação a tecnologia Elicord, podemos ressaltar algumas características específicas para construção desse tipo de rede: utiliza-se o cabo 50, 95 ou 150 isolado e entrelaçado, sendo a capacidade da corrente inferior a outros tipos de rede; os postes usados precisam ter sua bitola e DAN superiores aos de outros tipos de rede e precisam ser concretados; faz-se necessário o planejamento do lançamento de cabo de acordo com a metragem da bobina, desde que a emenda modifica o esforço do poste que deverá ser utilizado; a emenda deverá ser evitada, quanto menos emendas, melhor a qualidade da rede; usada em áreas arborizadas e com alto índice de salinidade; utilizada em trechos do circuito com pequena quantidade de clientes, devido ao fato de que vários transformadores necessitam de várias muflas, causando a vulnerabilidade da rede.

Figura 29 – Concretagem dos postes que receberão a rede Elicord



Fonte: Autor (2021)

A rede autossustentada Elicord necessita de cuidados especiais durante o lançamento e montagem da rede isolada, para garantir todo o bom desempenho do cabo isolado e assegurar que não seja danificado, mantendo todas as suas funções de maneira eficaz nos momentos que assim for solicitado. Algumas peculiaridades da rede citada são: respeitar o raio de curvatura mínimo, que deve ser de 12 vezes o diâmetro externo nominal do cabo, para que não haja danos no isolamento; respeitar as medidas necessárias no corte dos cabos, para evitar a danificação dos componentes do cabo (bainhas de cobertura, telas, isolamento e condutor); o cabo não deve ser arrastado sobre o solo ou corpos fixos, precisam estar suspenso sobre um sistema de roldanas aptas a respeitar o raio de curvatura de cada seção unificada; usar o sistema de roldanas que têm características especiais, sendo uma dessas roldanas chamada de transportador de rolo, que tem função de antiderrapagem, facilitando a extração do cabo no momento da amarração; durante o lançamento utiliza-se um sistema para transferir os cabos diretamente da bobina para as roldanas instaladas em suportes nos postes, a transferência deve utilizar uma corda de tração e

através de um guincho motorizado, o cabo da bobina munida de freio diretamente nas roldanas; a regulação compreende em posicionar o cabo na seta da temperatura ambiente que tem-se no momento da execução, com tudo, é indispensável o uso de um termômetro capaz de verificar a temperatura ambiente; a passagem no terminal do cabo necessita de alguns acessórios que viabilizam a operação, um dispositivo para extração do cabo de suspensão, uma alça para tração da corda do cabo e cabo de suspensão.

Figura 30 – Curvatura do cabo da rede Elicord



Fonte: Autor (2021)

Figura 31 – Transportador de rolo para a rede Elicord



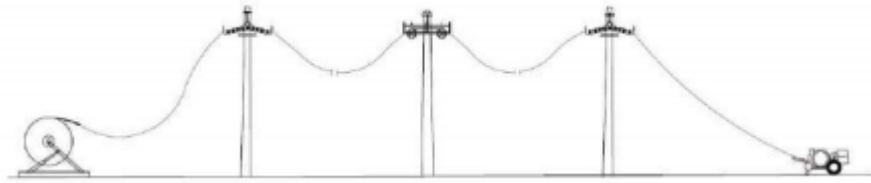
Fonte: Enel (2021)

Figura 32 – Roldanas múltiplas para a rede Elicord



Fonte: Enel (2021)

Figura 33 – Rede Elicord suspensa



Fonte: Enel (2021)

Figura 34 – Bobina elevada para a rede Elicord



Fonte: Enel (2021)

Figura 35 – Freio hidráulico para a rede Elicord



Fonte: Enel (2021)

3. METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

De acordo com TEIXEIRA (2005), a metodologia pode ser compreendida com o estudo sistemático e lógico dos princípios, ou seja, o estudo dos caminhos, dos instrumentos usados para realizar a pesquisa científica, que irão desde as suposições básicas até as técnicas de indagação. A harmonização e a integração balanceada de inúmeros elementos, tais como os instrumentos (métodos e técnicas), os objetos (materiais) e as referências teóricas definirão a metodologia de pesquisa.

→ Pesquisa aplicada: o trabalho classifica-se na pesquisa de natureza aplicada, com os objetivos de criar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, desta forma, ela envolve verdades e interesses locais, através de trabalho científico para a satisfação e compreensão das ideias decorrentes da pesquisa (SILVA & MENEZES, 2001). Entretanto, esse trabalho tem o intuito de analisar a qualidade de energia elétrica nas redes de distribuições aéreas de média tensão de 15kV, localizada em Ilha Grande, famoso ponto turístico do município de Angra dos Reis.

Segundo Silva & Menezes (2001), a abordagem do problema, será através de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, ou seja, uma pesquisa mista, mas para esse trabalho, a pesquisa é quantitativa, considerada que tudo pode ser quantificável, significa traduzir em números opiniões e informações para assim classificá-las e analisá-las, por meio do seu tratamento analítico dos dados. Desta maneira, essa pesquisa quantitativa em levantamento onde se caracteriza pelo número de construção de rede para cabos autossustentados de rede Elicord 15kv.

O objetivo do problema mencionado por Marconi & Lakatos (2010), é uma pesquisa quantitativa, um levantamento no qual caracteriza-se pela quilometragem de rede instalada. Em relação a pesquisa qualitativa, procurou-se o refinamento e validação dos dados usados na empresa de energia, analisando os dados coletados através de métodos estatísticos.

3.2 Procedimentos técnicos

Para realização da fundamentação teórica, realizou-se uma pesquisa bibliográfica nos principais periódicos em busca de palavras-chave em qualidade de serviço de energia e novas tecnologia de rede. Como o instrumento de coleta de dados utilizou-se os dados da própria empresa, pesquisa realizada com o intuito obter maior exatidão nos dados. A pesquisa usou

como base a quantidade de quilômetros de rede construída na região de Angra dos Reis, utilizando a tecnologia de cabos Elicord. A pesquisa foi realizada de maneira a analisar o DEC e FEC da região pesquisada com intuito de demonstrar a qualidade da rede de distribuição antes e depois do investimento da nova tecnologia, e os impactos causados nesses indicadores.

3.3 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos por meio da concessionária de energia foram tabulados e analisados estatisticamente em um arquivo de dados em Excel no qual os dados foram dispostos. Na estatística descritiva verificou-se o DEC e FEC na região de Ilha Grande, na cidade de Angra dos Reis, considerando a construção de rede Elicord.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Descrição da empresa

O presente trabalho sucedeu com base nos dados coletados em uma empresa concessionária de distribuição de energia elétrica no Estado do Rio de Janeiro. A empresa atua em 66 municípios do Estado do Rio de Janeiro distribuídos em 32.188km², que corresponde aproximadamente 73% do território do Estado. Entretanto, o grupo apresenta uma crescente no mercado elétrico nacional e mundial. Empresa multinacional que têm realizado vários investimentos no atual cenário elétrico brasileiro, implementando novas tecnologias e também, atuando nas áreas de gás natural, cogeração, energias renováveis, água e telecomunicações, investindo na sustentabilidade e inovação. A empresa encontra-se em 05 continentes, abordando 34 países e aproximadamente 73 milhões de usuários finais em todo o mundo, o cliente final. Seus valores são baseados em responsabilidade, inovação, confiança e proatividade. A empresa possui aproximadamente 2,2 milhões km de rede.

4.2 Caracterização das amostras

Em busca de melhor caracterizar as análises, e fornecer conclusões baseadas em diferentes recortes da população pesquisada, optou-se por coletar as seguintes informações como DEC e FEC, valor do investimento, quilometragem de rede, baseando-se nos dados cedidos pela empresa de energia.

4.3 Região instalada rede Elicord

O estudo baseou-se nos dados fornecidos pela concessionária, respeitando a segurança de informações que a concessionária mantém a respeito da quilometragem das redes instaladas nos

seguintes trechos: Trecho 01: Japariz – Freguesia do Santana; Trecho 02: Lagoa Azul – Gisela Maclaren; Trecho 03: Matariz - Sítio Forte; Trecho 04: Provetá – Araçatibinha; Trecho 05: Abraão; Trecho 06: Abraão – Saco do Céu a Camiranga.

Esses trechos tiveram um estudo significativo por conta da grande demanda que ocorrem nas áreas de atuação e as condições precárias que as redes apresentavam antes do investimento. Para avaliar o impacto na qualidade do fornecimento de energia desse trecho foram calculados os indicadores de DEC e FEC. As análises dos dados foram submetidas a métodos qualitativos, através da sua tabulação extremamente minuciosa, com o intuito de evitar possíveis erros. Contudo, os dados obtidos foram computados em uma planilha de Excel em forma de tabela.

- **Panorama das obras e os investimentos**

O município de Angra dos Reis nos últimos 02 anos sofreu grandes mudanças quanto as obras de melhoramento no fornecimento de energia para a poluição por meio de novas tecnologias. Considerando os investimentos em Ilha Grande, o Gráfico 01 exibe a distribuição dos investimentos realizados para cada trecho, visando melhorar a qualidade no fornecimento de energia.

Gráfico 01 – Investimentos realizados nos respectivos trechos, em reais



Fonte: Autor (2021)

- **Quantidade de quilometragem de rede**

Os resultados obtidos por meio dos investimentos aplicados são ilustrados no Gráfico 02, apresentando a quantidade em quilômetro de rede investida para cada trecho no município de Angra dos Reis durante esses 02 anos. Visando o fato de Ilha Grande ser um ponto turístico de grande atração na cidade, e ter uma rede sofrendo com defeitos tr

ansitórios por ser uma região muito próximo ao mar e a poluição salina ser muito severa para essa região, foi realizado esse grande investimento, totalizando 20 km rede Elicord.

Gráfico 02 – Investimentos realizados nos respectivos trechos, em KM de rede



Fonte: Autor (2021)

4.4 Vantagens na instalação da rede Elicord

A rede aérea isolada integra circuitos de média e baixa tensão. Nesse tipo de rede são utilizados três condutores, isolados, blindados e trançados, reunidos em torno de um cabo mensageiro (neutro) de sustentação. Com isso, são necessários cabos condutores com camadas semicondutoras, chamados de cabos multiplexados, que confinam o campo elétrico em seu interior, ou seja, isoladas eletricamente.

As redes isoladas possuem vantagens peculiares em relação as demais redes aéreas existentes, vantagens estas descritas a seguir: pode ser utilizada em áreas com nível de salinidade agressiva; pode ser utilizada em áreas de muita arborização; reduz o custo com o operacional, já que reduz a taxa de falhas na rede; pode ser utilizado para a construção de mais de um alimentador por poste; reduz a poluição visual, quando utilizado em áreas urbanas; nas

redes isoladas o cabo mensageiro funciona como elemento de proteção elétrica e de sustentação mecânica, como exemplo, queda de galhos e objetos na rede; os condutores e acessórios são blindados e totalmente isolados proporcionando maior segurança contra contatos acidentais temporários ou permanentes; as redes isoladas minimizam os problemas com descargas atmosféricas, devido ao fato da blindagem ser aterrada nos dois lados onde o cabo é transposto.

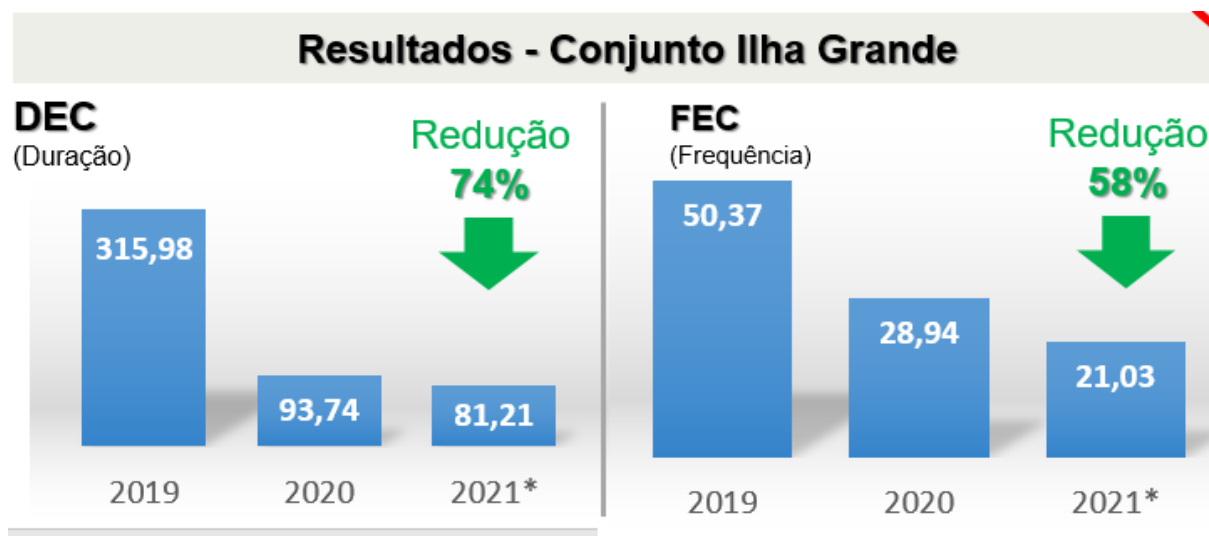
4.5 Desvantagens na instalação da rede Elicord

Podemos observar as seguintes desvantagens desse tipo de rede: alto custo, tanto com os valores dos materiais quanto a mão de obra; falta de mão de obra qualificada para a construção da rede; dificuldade para instalação de derivações para transformadores; sendo utilizada em locais que precisam de muitas conexões, deixa vulnerável em possíveis descargas atmosféricas na rede; utilização de postes especiais, devido ao peso do cabo e o esforço exigido nos encabeçamentos.

4.6 Indicadores de qualidade levando em consideração a rede Elicord

O Gráfico 03 abaixo, demonstra a melhoria nos indicadores DEC e FEC após a instalação da rede ELICORD em Angra dos Reis.

Gráfico 03 – Impacto da rede Elicord nos indicadores de qualidade



Fonte: Autor (2021)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto teve o intuito de aplicar uma metodologia habitualmente utilizada para analisar qualidade no melhoramento de energia, em um estudo de caso na região de Angra dos Reis. A partir dos resultados obtidos através dos dados, pode-se concluir que a concessionária de energia elétrica tem proporcionado enormes benefícios para empresa e para os seus consumidores.

5.1 Conclusão

A análise do melhoramento de rede sobre a tecnologia Elicord no município de Angra dos Reis, demonstra uma redução significativa de 74% no DEC e 58% no FEC, a partir do ano de 2019, ao término das obras de melhoramento de rede. Considerando que durante o processo da pesquisa todos os passos da metodologia foram executados corretamente, é dado como alcançado o objetivo do estudo.

5.2 Trabalhos futuros

Esse trabalho se apresenta como uma contribuição na busca pela melhoria quanto ao fornecimento de energia sob a ótica de novas tecnologia de rede de distribuição com intuito de levar aos clientes energia de qualidade. Novas pesquisas poderão ser desenvolvidas no intuito de aprofundar o tema, suprir algumas dificuldades identificadas ou mesmo, para comparação dos resultados obtidos, possibilitando uma maior abrangência do conhecimento. Para que seja aceitável a averiguação dos resultados do presente estudo e aplicação do instrumento de inquérito, considera-se adequada para o melhoramento fornecimento de energia por meio da Tecnologia Elicord: realizar o comparativo do DEC e FEC de outros trechos referente a região de submissões da mesma concessionária de energia; analisar a capacidade de demanda de cada trecho depois da construção de rede com cabos Elicord.

REFERÊNCIAS

Aneel. História 2009. Disponível em <<http://www.ampla.com>>. Acesso em: 17 de maio. 2021.

Aneel (2003). Resolução Normativa nº 688/2003 (Aprova as Regras do Mercado, componentes da versão 3.5, que incorpora incentivo à eficiência de usinas participantes do Mecanismo de Realocação Energia – MRE). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2007). Resolução Normativa nº 270/2007 (Estabelece as disposições relativas à qualidade do serviço público de transmissão de energia elétrica, associada à disponibilidade das instalações integrantes da Rede Básica, e dá outras providências). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2008). Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2010). Direitos e Deveres do Consumidor de Energia Elétrica – Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2012a). Ofício Circular nº 308/2012 – SFG/Aneel (Regulamentos para Assegurar Segurança de Barragens). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2012b). Nota Técnica nº 100/2012 – SRD/Aneel (Discussão da regulamentação que trata da classificação de interrupções de energia elétrica ocasionadas por situações adversas e que poderiam ser tratadas de forma diferenciada). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2012c). Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Brasileiro – Prodist. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2013a). Nota Técnica nº 005/2013 – SRC-SMA (Regulamentação da metodologia e das metas para os indicadores de qualidade comercial DER – Duração Equivalente de Reclamação e FER – Frequência Equivalente de Reclamação). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2013b). Resolução Normativa nº 574 (Estabelece a metodologia e os limites para os indicadores de qualidade comercial DER – Duração Equivalente de Reclamação e FER – Frequência Equivalente de Reclamação e dá outras providências). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2013c). Resolução Normativa nº 583 (Estabelece os procedimentos e condições para obtenção e manutenção da situação operacional e definição de potência instalada e líquida de empreendimento de geração de energia elétrica). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Aneel (2013d). Nota Técnica nº 247/2013 – SRD/Aneel (Análise das contribuições recebidas no âmbito da Consulta Pública nº 007/2012, instaurada com o objetivo avaliar melhorias na regulamentação de expurgos associados aos indicadores de continuidade). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

CASTRO, Jorge Azevedo de. **Invento & inovação tecnológica: produtos e patentes na construção**. 1999. 146p.

CUNHA, João Carlos da; **SILVA**, Elizandra da; **DIAS**, Julie Cristini, **GIRARDI**, Sandra. **Sistema Setorial de Inovação de Energia Elétrica no Brasil: Estrutura e Trajetórias**. XXV Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. Brasília-DF. 2008.

CORRÊA, Felipe Ivan Malta. **Estudo de um sistema de distribuição com enfoque na qualidade da energia elétrica**. 2007, 79p. monografia (graduação) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

FERREIRA, Danton Diego. **Análise de distúrbios elétricos em sistemas de potência**. 2010, 180p. dissertação (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FONSECA, Alex Carneiro Fraga. **Qualidade em Serviços**. Dissertação (Mestrado) 2004. 64p. Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro. 2004.

FREGNEBAUM, Armand V: **Controle da Qualidade Total**. Makron Books, São Paulo, v.1, 1994.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176p.

GOMES, Helio Junio. **Estudo de Viabilidade das Redes de Distribuição Secundárias Compactas no Sistema Elétrico da CELG D**. 2010, 79p. monografia (graduação) – Universidade de Federal de Goiás, Goiás, 2010.

ISHIKAWA, Kaoru, **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro. Editora Campus. 1993.

JURAN, J.M. A Qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Editora Pioneira Thomson, 1992. 551p.

LEMOS, Cristina; A Inovação na Era do Conhecimento. Parcerias Estratégicas, n. 8, mai. 2000. pp. 157-177. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/cce/revista/Parcerias8/cristinalemos.PDF> . Acesso em: 15 set. 2016.

LIMA, Guilherme da Silva. Avaliação da Suportabilidade de Estruturas Monofásicas de Rede de Distribuição Aéreas Compactas Frente a Impulsos Atmosféricos Padronizados. 2015, 115p. dissertação (mestrado) – Universidade de Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2015.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. 7ª Ed. São Paulo, 1 – 297p, 2010.

PAULILO, G. Conceitos Gerais Sobre Qualidade da Energia. Cap. 1: Qualidade de Energia. O Setor Elétrico. Ed 84: p 28 – 35, 2013.

PESSOA, Valdemberg Magno do Nascimento; OLIVEIRA, Ronald Fred Alves de. Uma Discussão à Ótica da Inovação Tecnológica – Barreiras e Desafios na Busca da Eficiência Energética. Revista Produção Online. ISSN 1676 – 1901/Vol.2/ Num 1/ junho de 2002.

QUEIROZ, Evodio Kalternecker Retto de. Qualidade Segundo Garvin. São Paulo. Annablume, 1995.

RIBEIRO, F. Ribeiro, “Tópicos Avançados em QEE”, PUC-RS, Agosto 2005.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muskat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 3ªed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 121p, 2001.

SILVA, Sandra Sereide Ferreira da; NASCIMENTO, Taciana da Costa Cardoso; NOGUEIRA, Viviane Barreto Motta. Diagnóstico do Atendimento e da Qualidade dos Produtos e Serviços Prestados ao Cliente Externo pela Empresa La Suissa – Campina Grande – PB. QUALIT@S Revista Eletrônica. ISSN 1677-4280.v6. n1. Ano 2007.

SOUZA, Cláudio Henrique Miranda. Uma ferramenta para avaliação da qualidade em serviços – a janela do cliente. Perspectivas online. v.5, n.1, 2008.

SOUZA, Tainah Barbosa Barros de Castro et al. **A Inovação Tecnológica: Estudo de Caso da Ampla Energia e Serviços S.A.**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. Belo Horizonte: Enegep, 2011. p. 1 – 13.

SAMPAIO, Maria Imaculada Cardoso, **FONTES**, Cybelle de Assumpção, **REBELLO**, Maria Alice de França Rangel, **ZANI**, Rosa Maria Fisch, **BARREIROS**, Adriana de Almeida, **PRADO**, Ana Maria Marques de Cunha, **CORDEIRO**, Eliana de Cássia Aquareli, **VILLELA**, Maria Cristina Olaio, **MORAES**, Marli Inocência de, **LOMBARDI**, Valéria Vilhena, **CAMINADA**, Netto, Adherbal - **PAQ - Programa de avaliação da qualidade de produtos e serviços de informação: uma experiência no SIBi/USP**. CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, Vol. 33, nº 1, p. 142-148 (jan./Abr. 2004).

SUZUKI, Karine KOU; **KONDLATSCH**, Patrick Carlos; **GOMES**, Tchesley Schmidt. **Estudo do Comportamento das Tensões Residuais em Cabos Blindados de Média Tensão Após a Realização de Ensaio de Tensão Aplicada**. 2011, 135p. monografia (graduação) – Universidade de Federal do Paraná, Paraná, 2011.

TONTINI, Gerson; **SANT'ANA**, André José. **Interação de atributos atrativos e obrigatórios de um serviço na satisfação do cliente**. Revista Produção. V.18, n1, p.112-125. 2008. Mateus Duarte Teixeira Ivandro Bacca.

DUARTE, Mateus. **Conceitos Gerais Sobre Qualidade da Energia**. Cap. 6: Qualidade de Energia. O Setor Elétrico. Ed 84: p 43 – 47, 2013.