



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

RICARDO BORGES SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA ALTERAÇÃO DA
TENSÃO DE OPERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO DE 13,8 PARA 69KV.**

Tubarão

2020

RICARDO BORGES SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA ALTERAÇÃO DA
TENSÃO DE OPERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO DE 13,8 PARA 69KV.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Vilson Luiz Coelho.

Tubarão

2020

RICARDO BORGES SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA ALTERAÇÃO DA
TENSÃO DE OPERAÇÃO DE UMA SUBESTAÇÃO DE 13,8 PARA 69KV.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 15 de julho de 2020.

Professor e orientador Vilson Luiz Coelho, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Rafael Antônio Coelho, Msc.
Universidade...

Prof. Sérgio Martins Barcelos, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho a minha família, meus maiores incentivadores, por me ajudar e dar forças nas horas mais difíceis para chegar a conclusão deste curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me deu vida, saúde e inteligência e por nos dar força para viver todos os dias, ultrapassando obstáculos e enfrentando barreiras, agradeço também pela família e amigos, por estarem a meu lado nas horas em que mais precisei.

Aos meus pais e irmãos pelo exemplo, pela dignidade, pelo esforço, pelo incentivo que deram nos momentos difíceis.

A minha esposa e minha filha, pelo apoio, companheirismo, carinho e compreensão pela falta enquanto me dedicava à realização deste trabalho.

Aos professores, mestres e orientadores da Universidade do Sul de Santa Catarina pelo conhecimento, informações e atenção dispensada, em especial ao meu orientador Vilson Luiz Coelho pela atenção e disposição durante todo o período.

A todos colegas de curso pelo incentivo, companheirismo, otimismo e espírito de equipe.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.” (Henry Ford)

RESUMO

Ao iniciar um novo projeto em uma empresa, é totalmente necessário que antes se analise a viabilidade do plano. Esta análise mostra-se imprescindível para a tomada de decisão acerca do futuro deste projeto. A análise de viabilidade técnico e econômica busca uma projeção do retorno esperado. Sendo assim, o estudo deve ser feito antes do início do projeto, durante a fase de avaliação. Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise de viabilidade financeira para alterar, a tensão de alimentação da empresa Hydro Extrusion Brasil S/A de Tubarão – SC, de 13.800 Volts para 69.000 Volts. A fabricação de perfis de alumínio necessita de uma grande demanda de energia elétrica, devido a fornos elétricos de grande potência, fornos de indução e uma infinidade de motores de variados tamanhos. Para conclusão deste trabalho foi realizado um estudo detalhado do consumo de energia elétrica da empresa, assim como uma análise de suas faturas de energia, contemplando o levantamento orçamentário de construção de uma Subestação de Energia Elétrica de 69 kV. Com os dados obtidos, concluímos que elevar a tensão de alimentação da fábrica mostra-se inviável, o tempo de retorno do investimento é considerado muito longo. Devido ao perfil de consumo de energia elétrica que a empresa possui, a melhor solução seria a redução de demanda contratada de 6300 kW para 4500 kW. O estudo de viabilidade técnico e econômica do projeto de transformação da subestação de energia elétrica de 13,8 kV para 69 kV, resultou num retorno esperado superior a 10 anos.

Palavras chave: Viabilidade financeira, demanda, subestação de energia elétrica.

ABSTRACT

To start a new project in a company is necessary to realize an analyze the feasibility of your plan. This analyze is essential to decide about the future of this project. An economic feasibility analyze result a projected expected return. Therefore, the study must be done before the project starts, during an evaluation phase. The school work objective is realize the financial feasibility analysis to change the supply voltage of the Hydro Extrusion Brazil Company of Tubarão - SC, from 13,800 Volts to 69,000 Volts. The manufacture of aluminum profiles requires a high demand for electrical energy, due to high-power electric furnaces, induction furnaces and many motors of varying sizes. To finish this work, a detailed study of the electricity consumption was carried out, as well as an analysis of its energy bills, considering the budgetary survey for the construction of a 69 kV Electricity Substation. In view of the different values of the energy transmission cost for these two voltage classes, a solution is sought to reduce the costs of the plant and contribute to the growth of the company. With the data obtained, we conclude that raising the supply voltage of the factory is not feasible, considering the different values of the cost of energy transmission for these two voltage classes, because of the profile of electricity consumption that the company has the best solution would be to reduce contracted demand from 6300 kW to 4500 kW. The technical and economic feasibility study of the project to transform the electricity substation from 13.8 kV to 69 kV, resulted in an expected return of more than 10 years.

Keywords: Financial viability, demand, electricity substation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Subestação de energia elétrica	23
Figura 2 - Para-raios de Óxido de zinco	25
Figura 3 - Transformador de Corrente (TC)	26
Figura 4 - Esquema básico de um TC	27
Figura 5 - Transformador de Potencial (TP)	28
Figura 6 - Esquema básico de um TP	28
Figura 7 - Transformador de potência	30
Figura 8 - Disjuntor de alta tensão	31
Figura 9 - Chave Seccionadora com abertura lateral	32
Figura 10 - Chave Seccionadora de abertura central	33
Figura 11 - Chave Seccionadora de dupla abertura lateral	34
Figura 12 - Chave Seccionadora de abertura vertical	34
Figura 13 - Chave Seccionadora semi-pantográfica	36
Figura 14 - Chave Seccionadora tipo lâmina de terra	37
Figura 15 - Barramentos elétricos	37
Figura 16 - Aterramento	39
Figura 17 - Cabo elétrico isolado de alta tensão	41
Figura 18 - Bandeira com a logo da Hydro	43
Figura 19 - Empresa 360° da indústria global do alumínio	44
Figura 20 - Fábrica da Hydro em Tubarão - SC	45
Figura 21 - Tarifa de fornecimento de energia	46
Figura 22 - Local de instalação do projeto SE 69 kV	51
Figura 23 - Estrutura de 13.8 kV já existente	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demanda média mensal no ano de 2019.....	48
Gráfico 2 - Demanda média diária no mês de maio de 2019.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela tarifária Celesc.....	21
Tabela 2 - Tabela tarifária Celesc.....	22
Tabela 3 – Tarifa de energia na tensão de 13.8 kV e demanda de 6300 kW.....	46
Tabela 4 - Tarifa de energia na tensão de 69 kV e demanda de 6300 kW	47
Tabela 5 - Tarifa com proposta de redução de demanda para a tensão de 69 kV.	49
Tabela 6 - Tarifa com redução de demanda para a tensão de 13.8 kV.....	49
Tabela 7 - Orçamento dos equipamentos de pátio da SE de 69 kV.	53
Tabela 8 - Orçamento da linha de transmissão de 69 kV.	54
Tabela 9 - Orçamento das obras civis e montagens eletromecânicas da SE de 69 kV.....	55
Tabela 10 - Orçamento do comissionamento dos equipamentos da SE de 69 kV.	56
Tabela 11 - Orçamento total do projeto.....	57
Tabela 12 - Valores do projeto com estimativa de tempo de retorno financeiro.....	58
Tabela 13 - Resultados esperados para o projeto	59

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico.
NBR – Norma Brasileira.
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina.
TC – Transformador de Corrente.
TP – Transformador de Potencial.
SE – Subestação de energia elétrica.
ZnO – Óxido de zinco.
Ep – Força eletromotriz no rolamento primário.
Es – Força eletromotriz no rolamento secundário.
PVC – Polivinila.
PE – Polietileno.
AT – Alta tensão.
BT – Baixa tensão.
kV – Quilovolt.
kVA – Quilovoltampere.
MVA – Megavoltampere.
kWh – Quilowatt-hora.
A – Ampere.
Ah – Ampere-hora.
Vcc – Tensão em corrente contínua.
Vca – Tensão em corrente alternada.
SF6 – Hexafluoreto de enxofre.
IP – Grau de proteção.
km – Quilômetro.
km² – Quilômetro quadrado.
mm – milímetro.
°C – Graus Celsius.
TUSD – Tarifa de uso dos sistemas elétricos de distribuição.
SPDA – Sistemas de Proteção de Descargas Atmosféricas.
NBI – Nível Básico de Isolamento.

TMA – Taxa de mínima atratividade.

VPL – Valor presente líquido.

TIR – Taxa interna de retorno.

Payback – Tempo de retorno de um investimento.

HP – Horário de Ponta.

HFP – Horário Fora de Ponta.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	13
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 DELIMITAÇÕES	15
1.5 METODOLOGIA	15
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 PLANEJAMENTO DE UM PROJETO INDUSTRIAL	17
2.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA	18
2.3 MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA.....	19
2.3.1 Consumidores livres.....	19
2.4 GRUPOS CONSUMIDORES	20
2.4.1 Tarifas de energia elétrica da Celesc.....	21
2.5 SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA	22
2.5.1 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA.....	23
2.5.1.1 Para-raios.....	24
2.5.1.2 Transformador de corrente (TC)	25
2.5.1.3 Transformador de potencial (TP)	27
2.5.1.4 Transformador de potência.....	28
2.5.1.5 Disjuntor.....	30
2.5.1.6 Chave seccionadora	31
2.5.1.6.1 <i>Chave seccionadora de abertura lateral</i>	32
2.5.1.6.2 <i>Chave seccionadora de abertura central</i>	33
2.5.1.6.3 <i>Chave seccionadora de dupla abertura lateral</i>	33
2.5.1.6.4 <i>Chave seccionadora de abertura vertical</i>	34
2.5.1.6.5 <i>Chave seccionadora de abertura semi-pantográfica horizontal</i>	35
2.5.1.6.6 <i>Chave seccionadora de abertura semi-pantográfica vertical</i>	35
2.5.1.6.7 <i>Chave seccionadora de lâmina terra</i>	36

2.5.1.7	Barramentos.....	37
2.5.1.8	Aterramento.....	38
2.5.1.9	Cabos isolados.....	40
3	ESTUDO DE CASO: SUBESTAÇÃO 69 KV HYDRO EXTRUSION BRASIL S/A	43
3.1	ATUAL SITUAÇÃO.....	45
3.2	SITUAÇÃO PROPOSTA.....	46
3.2.1	Análise de consumo da fábrica.....	47
4	PROJETO DE UMA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE 69 KV.....	50
4.1	EQUIPAMENTOS DE PÁTIO.....	52
4.2	LINHA DE TRANSMISSÃO DE 69 KV.....	53
4.3	OBRAS CIVIS E MONTAGEM ELETROMECAÂNICA.....	54
4.4	COMISSIONAMENTO.....	55
4.5	PRAZO DE EXECUÇÃO DO PROJETO.....	56
4.6	ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DE UMA SE 69 KV.....	57
5	VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO.....	58
6	CONCLUSÃO.....	61
	REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um dos principais insumos da indústria. A segurança no fornecimento e o seu custo, são determinantes fundamentais para a competitividade da indústria. Crescer cada vez mais é o objetivo de toda empresa, porém, muitas vezes a realidade nos obriga a buscar formas para reduzir custos para conseguir gerar mais resultados da mesma fonte.

A decisão de realizar um investimento na expansão de uma planta fabril envolve pesquisas que demandam uma análise crítica e estratégica que contribuirá para uma boa tomada de decisão, com menores chances de erro, que irão mostrar se o investimento será viável e capaz de trazer retorno financeiro para a empresa.

Um projeto deve ser estudado quanto a sua viabilidade econômica e financeira desde sua iniciação passando pelo planejamento, monitoramento e controle bem como execução e encerramento.

Segundo Lunelli (2010), decisões baseadas em questionamentos como, por exemplo, se o projeto vai se pagar, se o projeto vai aumentar a riqueza dos acionistas ou se vai diminuí-la devem ter respostas baseadas em resultados de estudos provenientes de metodologia de análise de viabilidade.

Adotar estratégias e utilizar ferramentas de gerenciamento são importantes para analisar a consistência e rentabilidade de um empreendimento industrial. Nesse aspecto, uma importante ferramenta é o estudo de viabilidade econômico-financeira de um projeto.

1.1 JUSTIFICATIVA

A Hydro é uma empresa totalmente integrada na indústria global de alumínio, com operações em 40 países em todo o mundo. A planta da cidade de Tubarão em Santa Catarina foi adquirida no ano de 2018, é especializada na fabricação de perfis de alumínio voltados para o mercado de construção civil.

A produção de perfis de alumínio gera um grande consumo de energia elétrica, por conta de seus fornos elétricos de alta potência, fornos de indução, e de diversos motores dos mais variados tamanhos. A energia elétrica é insumo fundamental e estratégico, sendo o principal energético utilizado por 79% das empresas e podendo representar mais de 40% de

seus custos de produção. Em vista disso, seu fornecimento com segurança, qualidade adequada e a custos módicos é imprescindível para a garantia da competitividade da indústria nacional. Entretanto, nos últimos anos o setor tem seguido no sentido oposto, com constantes elevações no custo da energia elétrica.

A fábrica da Hydro de Tubarão possui hoje uma demanda contratada de 6300 kW, considerando a energia contratada somados aos impostos e outras taxas, tem um gasto com energia elétrica que se aproxima de R\$ 1.000.000,00. Visando contribuir com a empresa, melhorando seus rendimentos financeiros reduzindo os custos da unidade fabril, o presente trabalho propõe um estudo sobre a viabilidade econômica para construir uma Subestação de Energia Elétrica, para elevar a sua tensão de alimentação de 13.8 kV para 69 kV, com objetivo de redução da sua fatura de energia, tendo como referência os valores de R\$ 13,02 por kW de demanda contratada no modo tarifário A4 na tarifa verde, e R\$ 8,95 no modo A3, tarifa azul.

Ao iniciar um novo projeto em uma empresa, é totalmente necessário que antes você analise a viabilidade do seu plano, esta análise mostra-se imprescindível para a tomada de decisão acerca do futuro deste projeto.

A análise de viabilidade econômica busca uma projeção do retorno esperado. Sendo assim, o estudo deve ser feito antes do início do projeto, durante a fase de avaliação.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A unidade da Hydro de Tubarão é atendida atualmente, na tensão de 13.8 kV e possui uma demanda de energia contratada de 6300 kW. Por possuir uma demanda superior a 2000 kW, de acordo com a legislação vigente em 2020, a empresa é considerada um consumidor livre de energia elétrica, podendo assim, comprar a energia diretamente do comercializador através do mercado livre de energia elétrica.

Com um gasto mensal de aproximadamente R\$ 1.000.000,00 de energia elétrica, há a possibilidade de construção de uma subestação de energia elétrica de 69 kV, visando a redução desse custo da fatura de energia, levando em consideração ao preço mais baixo da tarifa nesta nova classe de tensão que o estudo propõe.

1.3 OBJETIVOS

Realizar um estudo de viabilidade financeira de um projeto de construção de uma subestação de energia elétrica de 69 kV.

1.3.1 Objetivo Geral

Fazer um estudo das faturas de energia paga pela empresa e um levantamento de um projeto de uma Subestação de Energia Elétrica de 69 kV, analisando todos os custos de implantação e o retorno esperado pela empresa.

1.3.2 Objetivos Específicos

A seguir serão relatados os objetivos específicos deste estudo, que irão nortear o desenvolvimento das atividades necessárias para a realização do trabalho de conclusão de curso. Os objetivos são os seguintes:

- Análise dos gastos da empresa com os valores pagos a distribuição de energia elétrica com a tensão de 13.8 kV e a viabilidade financeira de compra da energia elétrica em 69 kV;
- Análise da demanda consumida pela empresa e comparar com a demanda contratada;
- Estudar a possibilidade de redução da demanda contratada;
- Levantamento de dados do projeto da Subestação de Energia Elétrica, com todos os componentes e valores de aquisição e mão de obra para instalação;
- Calcular a viabilidade técnica e econômica do projeto de instalação da SE de 69 kV;
- Apresentar o projeto para a empresa Hydro, mostrando as vantagens, os valores, e o retorno esperado com o investimento.

1.4 DELIMITAÇÕES

A abordagem do presente estudo irá ocorrer com base na análise comparativa das tarifas de distribuição de energia elétrica na tensão de 13.8 kV com a tensão de 69 kV. Com base nesta comparação será feito uma conclusão da viabilidade de construção de uma subestação de energia elétrica para ser atendido na classe de tensão de 69 kV.

1.5 METODOLOGIA

Há vários meios de pesquisas em que a literatura nos oferece. A pesquisa bibliográfica está entre as mais citadas e pesquisadas.

Para atingir um determinado objetivo de trabalho, é preciso ter vários procedimentos de pesquisas tais como livros, monografias, internet e outros.

Este trabalho de conclusão de curso busca-se atingir seu objetivo principal que é fazer um levantamento de um projeto de uma Subestação de Energia Elétrica de 69 kV. A metodologia deste trabalho consiste em dados relacionados na área de subestações de energia elétrica, a compra de energia elétrica em alta tensão, assim como a análise de viabilidade econômica e a projeção do retorno esperado com o projeto pela empresa.

Foi realizado o levantamento de padrão de consumo da fábrica, os custos atuais pagos referentes à transmissão de energia elétrica, assim como uma análise de custo para a condição proposta neste trabalho. Por fim, será apresentado a análise de viabilidade econômica, contendo todos os valores para execução do projeto.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Inicialmente é apresentado um breve panorama que antecede o conteúdo relacionado ao trabalho, ou seja, tema, problema, justificativa, delimitações, objetivo geral, objetivos específicos, metodologia do trabalho e estrutura do trabalho.

No decorrer do trabalho serão elaborados os capítulos onde deverão ser mostrados os seguintes itens:

- Análise da viabilidade financeira de se fazer um projeto para elevar a tensão de alimentação da unidade fabril de 13.8kV para 69 kV;

- Levantamento dos equipamentos necessários para uma subestação de energia elétrica de 69 kV, assim como a apresentação de um levantamento orçamentário;
- Análise da demanda consumida pela empresa;
- Análise e Conclusão: se o estudo para a construção de uma subestação de energia elétrica de alta tensão é viável e o tempo de retorno do investimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PLANEJAMENTO DE UM PROJETO INDUSTRIAL

É fundamental ter um projeto bem planejado, tendo um bom conhecimento de cada etapa a ser construída, muitos erros podem ser evitados. O planejamento auxilia os profissionais a terem mais agilidade e a conseguirem distribuir melhor os seus recursos.

No primeiro passo de um projeto, deve-se compreender quais são as primeiras informações que devem ser conhecidas, os dados importantes e o levantamento de tempo e de custo. Os dados levantados e registrados serão cruciais para definir todas as etapas posteriores do projeto.

Conforme Carlos Junior (2017):

É durante a fase inicial de um projeto que se busca ter uma visão geral das tarefas e dos trabalhos que nela estão envolvidos. Tendo o conhecimento do propósito do projeto e de seus objetivos, deve-se submeter essas informações à aprovação, seja de um patrocinador, de um acionista, de outras partes interessadas ou, até mesmo, dos órgãos competentes.

Antes que o projeto comece, informações como as estimativas preliminares sobre o orçamento, o cronograma e a necessidade de recursos devem ser conhecidas e discutidas previamente. Isso evitará conflitos no futuro, além de alinhar expectativas e garantir que todos possam se preparar antecipadamente.

É necessário estabelecer qual o valor do investimento e o prazo do projeto, como o trabalho será organizado, a estratégia de comunicação, os membros da equipe que irão executá-lo, sendo que devem ser escolhidos de acordo com as habilidades que possuem e as necessidades da proposta. Também é montada uma estrutura para a revisão e controle do plano.

Além disso, é preciso projetar mudanças significativas que possam acontecer enquanto o projeto está sendo executado, o que é crucial para não ser pego desprevenido por imprevistos como, por exemplo, o surgimento de um custo adicional para realizar uma atividade. Nesse caso, no processo de planejamento é necessário reservar uma parcela do investimento para cobrir possíveis gastos extras.

2.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Ao começar um projeto, é totalmente necessário que antes você analise a viabilidade do seu plano. As variáveis do mercado, a concorrência, seu público-alvo, tudo isso deve ser levado em conta e pode fazer a diferença entre o êxito e o insucesso do seu planejamento.

O estudo de viabilidade econômica consiste em avaliar se determinado projeto é realizável ou não. É uma ferramenta capaz de fornecer informações a respeito da sua rentabilidade e qual o seu impacto na empresa. Seu objetivo é prever ou antecipar os cenários otimistas e pessimistas de um plano.

O primeiro passo para se fazer uma análise de viabilidade e a realização de uma projeção de receitas, que nada mais é do que a identificação da possibilidade do projeto gerar receita e rendimentos para aquele que está investindo nele. A principal função da projeção de custos, despesas e investimentos é justificar a projeção de receitas.

Com o estudo de viabilidade econômica, consegue-se, através de projeções assertivas, ver o retorno do investimento e, assim, pode decidir se o projeto deve ou não continuar. Será esta análise que dará a você possibilidade de fazer projeções e visualizar, em números, o real potencial de retorno de investimento que essa ampliação trará.

Ao invés de ir fundo em um projeto, cruzar os dedos e torcer que o melhor aconteça, um estudo de viabilidade permite que gestores e empresários analisem criteriosamente os aspectos positivos e negativos de um projeto. Assim, dinheiro e tempo não são desperdiçados.

O estudo da viabilidade econômica permite analisar se uma revisão do projeto pode mudar seu status de inviável para viável. Além disso, o estudo garante aos gestores que somente projetos rentáveis seguirão seu curso. Para realizá-lo, é feita uma análise dos custos e benefícios de um projeto.

Pensar em iniciar um projeto, ampliar a empresa ou começar um novo negócio é pensar em lucros, despesas e retorno de investimento. Esse estudo serve como ferramenta para empresários e gestores analisarem os aspectos positivos e negativos de um projeto, a fim de tomar decisões.

2.3 MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA

Mercado Livre de Energia é um ambiente competitivo de negociação de energia elétrica em que os participantes podem negociar livremente todas as condições comerciais como fornecedor, preço, quantidade de energia contratada, período de suprimento, pagamento, entre outras.

O Mercado Livre é um ambiente de negociação onde consumidores considerados livres podem comprar energia alternativamente ao suprimento da concessionária local. Nesse ambiente, o consumidor negocia o preço da sua energia diretamente com os agentes geradores e comercializadores. Dessa forma, o cliente livre pode escolher qual será o seu fornecedor de energia.

Os consumidores livres compram energia diretamente dos geradores ou comercializadores. Cada unidade consumidora paga uma fatura referente ao serviço de distribuição para a concessionária local e uma ou mais faturas referentes à compra da energia.

A principal vantagem nesse ambiente é a possibilidade de o consumidor escolher, entre os diversos tipos de contratos, aquele que melhor atenda às suas expectativas de custo e benefício.

2.3.1 Consumidores livres

Segundo a ANEEL (2012).

Agente da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, da categoria de comercialização, que adquire energia elétrica no ambiente de contratação livre para unidades consumidoras que satisfaçam, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei nº 9.074, de 1995.

Todos os consumidores com demanda contratada acima de 2.000 kW, independente da data de conexão com a rede elétrica, poderão adquirir energia no mercado livre e escolher seu fornecedor.

Vantagens em ser Consumidor Livre:

- Liberdade para negociar o preço da energia, e demais condições contratuais, podendo escolher seu parceiro comercial e a fonte desejada;
- Vantagens em relação à tarifa de energia fixada pela ANEEL;

- Liberdade de compra de volumes de energia adequados ao seu perfil de consumo;
- Transações celebradas através de contratos bilaterais, com opção para contratação de curto, médio e longo prazo;
- Aquisição de energia adicional;
- Índices de reajuste contratual previamente acordados;
- O mercado competitivo promove a redução de preços e o aumento da eficiência, o que possibilita uma diminuição dos gastos com eletricidade;
- Segurança e conhecimento do preço da energia ao longo de todo o contrato.

O princípio mais importante do Mercado Livre de Energia. São diversas as opções de fornecedores, tornando a negociação de preços e prazos uma realidade.

2.4 GRUPOS CONSUMIDORES

As classes de consumo são as diversas classes aplicadas a cada tipo de consumidor, conforme a Resolução Normativa ANEEL n. 414/2010. No Brasil, as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: Grupo A, que tem tarifa binômia e Grupo B, que tem tarifa monômia. O agrupamento é definido, principalmente, em função do nível de tensão em que são atendidos e também, como consequência, em função da demanda (kW).

As unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2.300 V são classificadas no Grupo B (baixa tensão). Em geral, estão nesta classe as residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais, grande parte dos edifícios comerciais e a maioria dos prédios públicos federais, uma vez que, na sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220V.

O Grupo B é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir:

- Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;
- Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – iluminação pública.

Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2.300 V, como indústrias, shopping centers e alguns edifícios comerciais, são classificados no Grupo A.

Esse grupo é subdividido de acordo com a tensão de atendimento, como mostrado a seguir.

- Subgrupo A1 para o nível de tensão de 230 kV ou mais;
- Subgrupo A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
- Subgrupo A3 para o nível de tensão de 69 kV;
- Subgrupo A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV;
- Subgrupo A4 para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV;
- Subgrupo AS para sistema subterrâneo.

2.4.1 Tarifas de energia elétrica da Celesc

Conforme Celesc (2019).

As tarifas da Celesc são reajustadas anualmente, respeitando o marco regulatório setorial, sendo que a variação ocorre apenas no mês de agosto de cada ano, de modo que tal reajuste ainda varia de acordo com cada modalidade tarifária.

As tarifas vigentes foram estabelecidas pela Aneel na resolução homologatória número 2.593 em 20 de agosto de 2019. Conforme as tabelas abaixo, será demonstrado os valores tarifários para os subgrupos A3 e A4 nos modos Azul e Verde.

Tabela 1 - Tabela tarifária Celesc.

Tarifa Horária Azul (sem tributos)					
Subgrupos	Componentes	Demanda	Energia		
		R\$/kW	R\$/kWh		
			Total	TUSD	TE
A3	Ponta	18,53	0,46193	0,05966	0,40227
	Fora Ponta	8,95	0,293	0,05966	0,23334
A4	Ponta	30,2	0,47537	0,0731	0,40227
	Fora Ponta	13,02	0,30644	0,0731	0,23334

Fonte: Celesc 2019

Tabela 2 - Tabela tarifária Celesc.

Tarifa Horária Verde (sem tributos)					
Subgrupos	Componentes	Demanda	Energia		
		R\$/kW	R\$/kWh		
			Total	TUSD	TE
A4	NA	13,02	0	0	0
	Ponta	0	1,21087	0,8086	0,40227
	Fora Ponta	0	0,30644	0,0731	0,23334

Fonte: Celesc 2019

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas.

De acordo com ANEEL (2015). O modo tarifário azul, são as tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A. Ainda em ANEEL (2015), o modo tarifário verde, são as tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS.

2.5 SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

A subestação de energia elétrica é responsável pela transformação, proteção, controle e manobra da energia elétrica. A energia percorre um sistema de transmissão que começa nas usinas e passa por subestações de transmissão até chegar ao consumidor final.

Com uma subestação de energia elétrica em uma empresa, é possível transformar a energia elétrica para níveis ideais para o funcionamento do maquinário, evitando perdas e danos.

Figura 1 - Subestação de energia elétrica



Fonte: Criservice (2019)

2.5.1 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma subestação industrial de energia elétrica é uma subestação destinada a atender a uma indústria, com ele a empresa tem a possibilidade de utilizar o nível de tensão que achar mais adequado.

Os equipamentos mais comuns na maioria das subestações industriais são:

- Para raios;
- Transformador de corrente;
- Transformador de potencial;
- Transformador de potência;
- Disjuntor;
- Chave seccionadora;
- Barramentos;
- Aterramento;
- Cabos isolados;
- Relés de proteção.

2.5.1.1 Para-raios

O Para-raios é um equipamento de proteção que tem por finalidade limitar os valores dos surtos de tensão transiente que, de outra forma, poderiam causar sérios danos aos equipamentos elétricos. Para um dado valor de sobretensão, o para-raios, que antes funcionava como isolador, passa a ser condutor e descarrega parte da corrente, reduzindo a crista da onda a um valor que depende das características desse equipamento.

Nas subestações de energia elétrica são usados os para-raios para proteção das linhas de alta tensão. Os para-raios são produzidos de óxido de zinco projetado para proteger transformadores e outros equipamentos contra surtos de manobras e descargas atmosféricas.

Um para-raios a ZnO é uma estrutura bastante simplificada, formada principalmente pelo empilhamento de elementos resistivos não-lineares, conhecidos como varistores, envoltos por um invólucro (polimérico ou porcelana) que garante a estanqueidade (não permitindo principalmente a entrada de umidade e poluentes). A configuração do invólucro proporciona uma maior isolamento externa, corrente de fuga pequena e a sua utilização ao tempo.

Para-raios em operação estão sujeitos a diversos fatores que podem influenciar no seu desempenho, diminuir a sua vida útil ou degradar os seus elementos. Dentre estes fatores temos influência da:

- Tensão de operação;
- Descargas de longa duração ou de alta intensidade com curta duração;
- Reação química com a atmosfera envolvida, degradação do circuito de equalização;
- Descargas internas (corona);
- Circulação permanente da corrente de fuga pelos varistores, esforços térmicos, etc.

Figura 2 - Para-raios de Óxido de zinco



Fonte: Balestro (2019)

2.5.1.2 Transformador de corrente (TC)

Os transformadores de corrente são equipamentos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem adequadamente, sem que seja necessário possuírem correntes e tensões nominais de acordo com a corrente de carga do circuito ao qual são ligados. Na sua forma mais simples, eles possuem um primário, geralmente poucas espiras, e um secundário, no qual a corrente nominal transformada é, na maioria dos casos, igual a 5 A.

Os transformadores de corrente são utilizados para suprir aparelhos que apresentam baixa resistência elétrica, tais como amperímetros, relés, bobinas de corrente de relés diferenciais, medidores de energia, de potência etc.

Os TC's transformam, através do fenômeno de conversão eletromagnética, correntes elevadas, que circulam no seu primário, em pequenas correntes secundárias, segundo uma relação de transformação.

A corrente primária a ser medida, circulando nos enrolamentos primários, cria um fluxo magnético alternado que faz induzir as forças eletromotrizes E_p e E_s , respectivamente, nos enrolamentos primário e secundário.

Dessa forma, se nos terminais primários de um TC, cuja relação de transformação nominal é de 20, circular uma corrente de 100 A, obtém-se no secundário a corrente de 5A, ou seja: $100/20 = 5A$.

Os transformadores de corrente de baixa tensão normalmente têm o núcleo fabricado em ferro-silício de grãos orientados e está, juntamente com os enrolamentos primário e secundário, encapsulado em resina epóxi, submetida a polimerização, o que lhe proporciona endurecimento permanente, formando um sistema inteiramente compacto e dando ao equipamento características elétricas e mecânicas de grande desempenho.

Também são encontrados transformadores de corrente para uso interno, construídos em tanque metálico cheio de óleo mineral e provido de buchas de porcelana vitrificada comum aos terminais de entrada e saída da corrente primária.

Os transformadores de corrente fabricados em epóxi são normalmente descartados depois de um defeito interno. Não é possível a sua recuperação.

Os transformadores de corrente de alta tensão para uso ao tempo são dotados de bucha de porcelana vitrificada com saias, comum aos terminais de entrada da corrente primária.

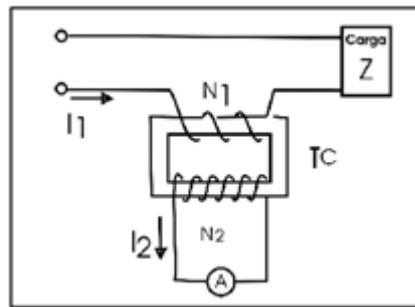
Os transformadores de corrente destinados a sistemas iguais ou superiores a 69 kV têm os seus primários envolvidos por uma blindagem eletrostática, cuja finalidade é uniformizar o campo elétrico.

Figura 3 - Transformador de Corrente de alta tensão (TC)



Fonte: Artech (2019)

Figura 4 - Esquema básico de um TC



Fonte: Ensinandoeletrica (2013)

2.5.1.3 Transformador de potencial (TP)

Transformador de Potencial (TP) é um equipamento usado principalmente para sistemas de medição de tensão elétrica e sistemas de proteção, sendo capaz de reduzir a tensão do circuito para níveis compatíveis com a máxima suportável pelos instrumentos de medição.

O enrolamento primário dos TP's é constituído de várias espiras sendo o secundário dimensionado para uma tensão nominal padronizada de 115 V. Assim, quando o enrolamento primário do TP é submetido à tensão nominal, surge no secundário uma tensão de 115 V. Já quando for aplicada uma tensão inferior a tensão nominal, no secundário do TP surgirá uma tensão menor que 115 V, na mesma proporção das tensões nominais do TP. Os TP's são projetados e construídos para suportarem sobretensões a níveis determinados, em regime permanente, sem que nenhum dano lhe seja causado.

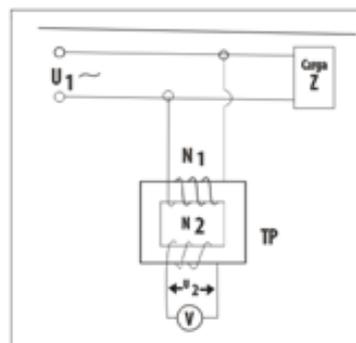
A especificação do TP deve ser definida quanto às condições que a sua isolação deve satisfazer, em termos de tensão suportável. Em geral, considera-se a máxima tensão de operação como sendo a imediatamente superior à nominal de linha do circuito em que o TP será utilizado.

Figura 5 - Transformador de Potencial (TP)



Fonte: Rehtom (2019)

Figura 6 - Esquema básico de um TP



Fonte: Ensinandoeletrica (2013)

2.5.1.4 Transformador de potência

Os transformadores de potência são máquinas estáticas que transferem energia elétrica de um circuito para outro, mantendo a mesma frequência e, normalmente variando valores de corrente e de tensão. De maneira geral, a função de um transformador é a de reduzir as perdas em transmissão por redução da corrente requerida para transmitir uma determinada potência elétrica.

Os transformadores são constituídos pela parte ativa (núcleo e enrolamentos) e por diversos componentes e acessórios, os quais dependem da potência do transformador.

O núcleo é utilizado como circuito magnético para circulação do fluxo criado nas bobinas do enrolamento primário. Sua composição é de chapas de aço-silício laminado com

espessuras variáveis, sendo estas agrupadas de modo a formarem o núcleo do transformador, estas chapas são isoladas entre si por verniz.

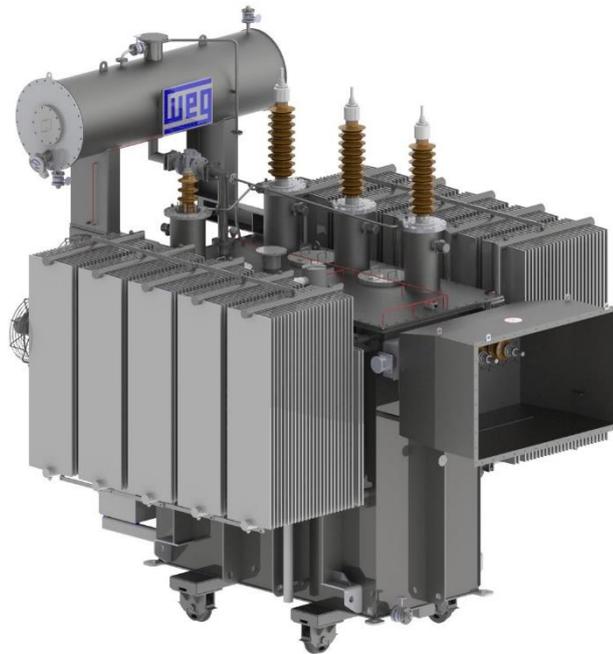
Os enrolamentos primários e secundários são constituídos de fios de cobre, isolados com esmalte ou papel, de seção retangular ou circular. Nos transformadores trifásicos encontrados nas subestações, o enrolamento secundário (baixa tensão) geralmente constitui um conjunto único para cada fase, ao passo que o primário é fracionado em discos superpostos uns aos outros cada um contendo espiras circulares, por motivos de isolamento e para facilitar a manutenção.

O isolamento se faz necessário nos pontos da parte ativa onde a diferença de potencial seja expressiva, nos condutores, entre as camadas dos enrolamentos, entre o primário e o secundário, entre as fases e entre os enrolamentos e massa. Os materiais empregados para o isolamento são diversos e devem atender as exigências de rigidez dielétrica e temperatura de operação.

Os fluidos dielétricos líquidos são largamente empregados em transformadores e é um de seus mais importantes elementos, isto se deve ao fato de que além da função básica de isolante, atua como meio refrigerante dissipando o calor originado pelas perdas nas partes ativas.

Os tipos de óleos mais utilizados são os minerais (Naftênico, Parafínico, etc.) e os sintéticos (Ascaréis, Fluidos de Silicone). Os Ascaréis foram proibidos em diversos países, inclusive no Brasil, por serem altamente tóxicos e agressivos ao meio ambiente.

Figura 7 - Transformador de potência



Fonte: Weg (2019)

2.5.1.5 Disjuntor

Os disjuntores são os principais equipamentos de proteção, bem como os mais eficientes dispositivos de manobras em uso nas redes elétricas. Possuem capacidade de fechamento e abertura que deve atender a todos os pré-requisitos de manobra sob condições normais e anormais de operação.

Além dos estados estacionários (fechado e aberto), definem-se ambos os estados transitórios da manobra de fechamento (ligamento) e da manobra de abertura (desligamento).

No estado ligado ou fechado, o disjuntor deve suportar a corrente nominal da linha, sem ultrapassar os limites de temperatura permitidos. No estado desligado ou aberto, a distância de isolamento entre contatos deve suportar a tensão de operação, bem como as sobretensões internas, devida a surtos de manobra ou descargas atmosféricas.

Quanto a manobra de fechamento, o disjuntor deve, no caso de curto circuito, atingir corretamente sua posição de fechado e conduzir a corrente de curto-circuito. No caso de abertura o disjuntor deve dominar todos os casos de manobra possíveis na rede na qual está instalado.

Figura 8 - Disjuntor de alta tensão



Fonte: ABB (2019)

2.5.1.6 Chave seccionadora

As chaves seccionadoras são equipamentos que fazem parte do grupo denominado Equipamento de Manobra. São componentes do sistema elétrico de potência que têm a função de estabelecer a união entre geradores, transformadores, consumidores e linhas de transmissão e separá-los ou seccioná-los de acordo com as exigências desse serviço.

A norma que regulamenta as chaves seccionadoras é a NBR IEC 62271-102, esta norma cancela e substitui a ABNT NBR 6935 de 1985.

As chaves são dispositivos mecânicos de manobra, podendo ser manual ou motorizadas, que na posição aberta assegura uma distância de isolamento e na posição fechada mantêm a continuidade do circuito elétrico, nas condições especificadas.

Conforme a norma NBR 6935 (1985).

Seccionador é: Um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível é interrompida ou restabelecida. Também é capaz de conduzir correntes sob condições normais do circuito e, durante um tempo especificado, correntes sob condições anormais, como curto-circuito.

Os seccionadores são classificados nos seguintes tipos:

- Chave seccionadora de abertura lateral;
- Chave seccionadora de abertura central;
- Chave seccionadora de dupla abertura lateral;
- Chave seccionadora de abertura vertical;
- Chave seccionadora de abertura semi-pantográfica horizontal;
- Chave seccionadora de abertura semi-pantográfica vertical;
- Chave seccionadora de lâmina terra.

2.5.1.6.1 Chave seccionadora de abertura lateral

Cada polo é composto por duas colunas de isoladores, sendo uma fixa e outra rotativa. A coluna rotativa é responsável pelo acionamento do equipamento. Quando acionado o comando motorizado, que é responsável pelo acionamento da coluna rotativa, este modelo de chave abre lateralmente.

Figura 9 - Chave Seccionadora com abertura lateral



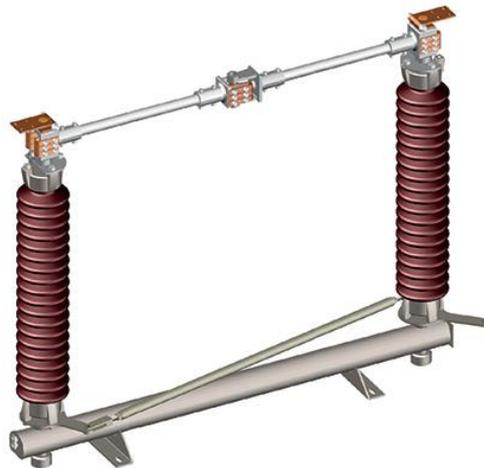
Fonte: Montema (2019)

2.5.1.6.2 Chave seccionadora de abertura central

Cada polo é composto por duas colunas de isoladores, sendo ambas rotativas. A coluna rotativa é responsável pelo acionamento do equipamento.

A abertura deste modelo de chave acontece bem no centro da lâmina principal no momento que é acionado o mecanismo motorizado.

Figura 10 - Chave Seccionadora de abertura central



Fonte: Sigma (2019)

2.5.1.6.3 Chave seccionadora de dupla abertura lateral

Cada polo é composto por duas colunas laterais fixas e uma central rotativa. A coluna rotativa que é central é responsável pelo acionamento do equipamento. Acionando o comando motorizado, acontece o acionamento da coluna rotativa, abrindo o polo seccionador duplamente em suas extremidades, por isso é considerada dupla abertura.

Figura 11 - Chave Seccionadora de dupla abertura lateral



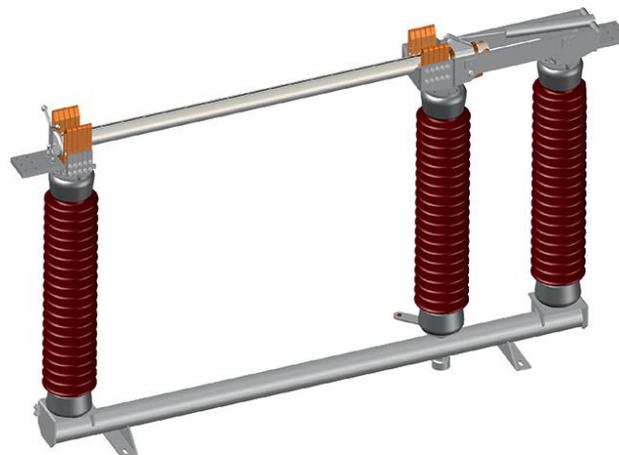
Fonte: Weg (2019)

2.5.1.6.4 Chave seccionadora de abertura vertical

Cada polo é composto por três colunas de isoladores, sendo duas fixas e uma rotativa. A coluna rotativa fica em uma extremidade, junto ao mecanismo de acionamento do equipamento é responsável pelo acionamento do equipamento.

Quando acionado o comando motorizado, que é responsável pelo acionamento da coluna rotativa, a abertura desta chave acontece verticalmente.

Figura 12 - Chave Seccionadora de abertura vertical



Fonte: Sigma (2019)

2.5.1.6.5 Chave seccionadora de abertura semi-pantográfica horizontal

Cada polo é composto por três colunas de isoladores, sendo duas fixas e uma rotativa. A coluna rotativa fica em uma extremidade, junto ao mecanismo de acionamento do equipamento é responsável pelo acionamento do equipamento.

Quando acionado o comando motorizado, que é responsável pelo acionamento da coluna rotativa, a abertura desta chave acontece verticalmente, ocorrendo um desdobramento central, pois no centro da lâmina principal, os contatos são todos articulados. Portanto neste caso o tipo de abertura é semi-pantográfica. Como esta chave é montada horizontalmente em uma subestação, ela é considerada montagem horizontal.

2.5.1.6.6 Chave seccionadora de abertura semi-pantográfica vertical

A coluna rotativa fica em uma extremidade, junto ao mecanismo de acionamento do equipamento, quando acionado o comando motorizado, que é responsável pelo acionamento da coluna rotativa, a abertura desta chave acontece verticalmente, ocorrendo um desdobramento central, pois no centro da lamina principal, os contatos são todos articulados. Portanto neste caso o tipo de abertura é semi-pantográfica. Como esta chave é montada verticalmente em uma subestação, ela é considerada montagem vertical.

Figura 13 - Chave Seccionadora semi-pantográfica



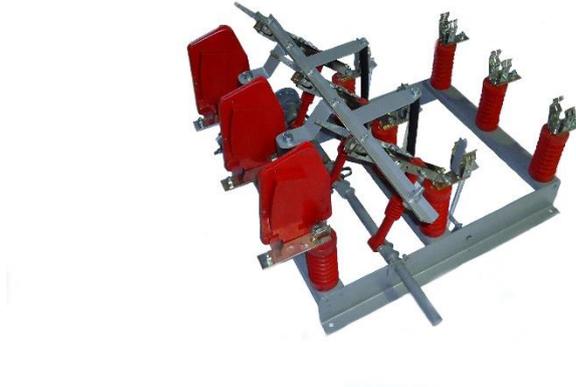
Fonte: Weg (2019)

2.5.1.6.7 Chave seccionadora de lâmina terra

É uma chave de terra acoplada a um seccionador, serve para aterrar a parte do circuito seccionado e desenergizado, mas que pode estar com carga capacitiva ou ainda ter uma tensão induzida por linhas energizadas próximas ao circuito aberto. A lâmina de terra possui um comando independente ao comando do seccionador, porém ambas devem estar intertravadas mecanicamente para evitar que a lâmina de terra seja fechada quando o seccionador estiver fechado e vice-versa.

A lâmina de terra não precisa ter capacidade de condução de uma corrente nominal, mas deve ter capacidade para suportar corrente de curta duração.

Figura 14 - Chave Seccionadora tipo lâmina de terra



Fonte: Schak (2019)

2.5.1.7 Barramentos

Entende-se por barramento, um grupo de condutores que serve de conexão comum para dois ou mais circuitos. Os condutores de um barramento têm normalmente a forma de uma barra.

Já no âmbito das instalações elétricas industriais, no qual se incluem as subestações, conceituam-se os barramentos como sendo um grupo de condutores elétricos, normalmente nus, pintados ou não, destinados a permitir o transporte de altas correntes entre dois pontos, ou a proporcionar uma distribuição de correntes com várias alimentações e múltiplas saídas.

Figura 15 - Barramentos elétricos



Fonte: Elbieletrica (2019)

Em subestações de energia elétrica são usados os seguintes tipos de barramentos:

- Vergalhões: seções circulares maciças, usados para baixas correntes e pequenas subestações.
- Tubos: possuem melhor refrigeração do que os vergalhões devido ao maior perímetro, portanto são melhores para transportar correntes mais altas. Além disso, a forma tubular apresenta melhor comportamento mecânico do que a forma maciça.
- Barra chata: Com seções retangulares possuem a vantagem de possuírem uma grande superfície de resfriamento, por isso são usadas para grandes correntes.

2.5.1.8 Aterramento

O termo aterramento se refere a terra propriamente dita ou a uma grande massa que se utiliza em seu lugar. Quando falamos que algo está “aterrado”, queremos dizer então que, pelo menos, um de seus elementos está propositalmente ligado a terra.

Em geral, os sistemas elétricos não precisam estar ligados a terra para funcionarem e, de fato, nem todos os sistemas elétricos são aterrados. Mas, nos sistemas elétricos, quando designamos as tensões, geralmente, elas são referidas a terra. Dessa forma, a terra representa um ponto de referência (ou um ponto de potencial zero) ao quais todas as outras tensões são referidas.

Aterrar o sistema, ou seja, ligar intencionalmente um condutor fase ou, o que é mais comum, o neutro a terra, tem por objetivo controlar a tensão em relação à terra dentro de limites previsíveis. Esse aterramento também fornece um caminho para a circulação de corrente que irá permitir a detecção de uma ligação indesejada entre os condutores vivos e a terra. Isto provocará a operação de dispositivos automáticos que removerão a tensão nesses condutores.

O controle dessas tensões em relação à terra limita o esforço de tensão na isolação dos condutores, diminui as interferências eletromagnéticas e permite a redução dos perigos de choque para as pessoas que poderiam entrar em contato com os condutores vivos.

Figura 16 - Aterramento



Fonte: Sengerj (2017)

As ligações à terra são frequentes nas mais variadas instalações elétricas, tais como: centrais geradoras, subestações, sistemas de transmissão, sistemas de distribuição, sistemas de comunicação, etc., com a finalidade que o sistema opere corretamente, com uma adequada continuidade de serviço, com um desempenho seguro da proteção e para garantir os limites dos níveis de segurança pessoal.

As ligações a terra envolvem sempre o conhecimento do valor da resistência de terra, que se divide em três parcelas:

- Resistência da haste e conexões;
- Resistência de contato entre haste e terra;
- Resistência de solo.

Existem várias maneiras para aterrar um sistema elétrico, que vão desde uma simples haste ou grupo delas, passando por placas de formas e tamanhos diversos, chegando as mais complicadas configurações de cabos enterrados no solo.

Aterramento significa acoplamento permanente de partes metálicas com o propósito de formar um caminho condutor de eletricidade tanto quanto assegurar continuidade elétrica e capacitar uma condução segura qualquer que seja o tipo de corrente.

Para que um Sistema de Energia Elétrica opere corretamente, com uma adequada continuidade de serviço, com um desempenho seguro do sistema de proteção e, mais ainda,

para garantir os limites (níveis) de segurança pessoal, é fundamental que o quesito aterramento mereça um cuidado especial.

Esse cuidado deve ser traduzido na elaboração de projetos específicos, nos quais, com base em dados disponíveis e parâmetros pré-fixados, sejam consideradas todas as possíveis condições a que o sistema possa ser submetido.

Numa subestação de energia elétrica o aterramento é feito em forma de malha. O projeto de uma instalação visa buscar uma condição aceitável, uma situação real, onde poderão aparecer gradientes de potencial ao longo da superfície do piso da subestação, devido à circulação de correntes pelo solo.

Uma malha de terra visa proporcionar, de forma a satisfazer os requisitos técnicos e econômicos, uma condição de equipotencialidade satisfatória na superfície do solo de uma subestação. Na prática, sempre irão ocorrer gradientes de potencial quando passarem pelo solo correntes de falta, mas desde que as malhas de terra tenham sido dimensionadas apropriadamente, os máximos valores de gradiente para os níveis da corrente de falta não serão excedidos.

2.5.1.9 Cabos isolados

Os cabos isolados são aqueles que possuem isolação, ou seja, um conjunto de materiais utilizados para isolar eletricamente o material condutor, do meio que o circunda. Usualmente são em cobre por apresentar facilidade na execução das conexões aos terminais de equipamentos, que geralmente são de cobre.

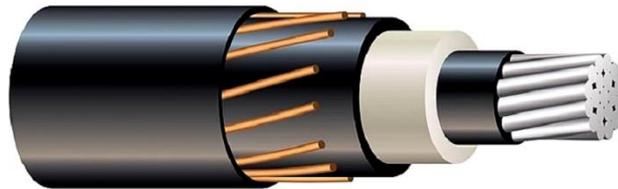
Os materiais utilizados como isolação, além de alta resistividade, devem possuir alta rigidez dielétrica, sobretudo quando empregados em tensões superiores a 1 kV.

São vários os materiais empregados na isolação de condutores:

- Materiais termoplásticos: utilizados em cabos de baixa tensão onde o critério de dimensionamento é, em geral, por queda de tensão e não por corrente admissível (temperatura máxima admissível 75°C). São eles o cloreto de polivinila (PVC), polietileno (PE), etc.
- Materiais termofixos: utilizados em geral, para cabos de média e alta tensão devido a alta confiabilidade esperada, apresentam temperatura máxima admissíveis igual a 90°C.

Os isolantes termofixos não amolecem com o aumento da temperatura como os termoplásticos. Ao atingir uma temperatura máxima (cerca 250°C), a isolação carboniza-se.

Figura 17 - Cabo elétrico isolado de alta tensão



Fonte: Soluções Industriais (2019)

2.4.1.10 Relés de proteção

O relé é definido como sendo um dispositivo sensor que comanda a abertura do disjuntor quando surgem, no sistema elétrico protegido, condições anormais de funcionamento. O modo geral de atuação de um relé pode ser sintetizado em quatro etapas:

- O relé encontra-se permanentemente recebendo informações da situação elétrica do sistema protegido sob a forma de corrente, tensão, frequência ou uma combinação dessas grandezas (potência, impedância, ângulo de fase, etc.).
- Se, em um dado momento, surgirem condições anormais de funcionamento do sistema protegido tais que venham a sensibilizar o relé, este deverá atuar de acordo com a maneira que lhe for própria.
- A atuação do relé é caracterizada pelo envio de um sinal que resultará em uma ação de sinalização (alarme), bloqueio ou abertura de um disjuntor (ou nas três ao mesmo tempo).
- A abertura ou disparo do disjuntor, comandada pelo relé, irá isolar a parte defeituosa do sistema.

Os relés de sobrecorrente, conforme o próprio nome sugere, têm como grandeza de atuação a corrente elétrica do sistema. Isto ocorrerá quando esta atingir um valor igual ou superior ao ajuste previamente estabelecido (corrente mínima). No caso de serem usados para

proteção de circuitos primários, são ligados de forma indireta através de transformadores de corrente.

Quanto ao tempo de atuação, possuem curvas características de dois tipos:

- Quando o tempo é definido para qualquer valor de corrente igual ou maior do que o mínimo ajustado.
- Quando o tempo de atuação do relé é inversamente proporcional ao valor da corrente. Isto é, o relé irá atuar em tempos decrescentes para valores de corrente igual ou maior do que a corrente mínima de atuação.

3 ESTUDO DE CASO: SUBESTAÇÃO 69 KV HYDRO EXTRUSION BRASIL S/A

De origem norueguesa, a Hydro conta atualmente com 35 mil empregados envolvidos em atividades em mais de 40 países, em todos os continentes, combinando competências locais. Alicerçada em mais de um século de experiência na produção de energias renováveis, desenvolvimento de tecnologia e em diversas parcerias, a Hydro está comprometida em fortalecer a viabilidade dos clientes e das comunidades às quais atende.

Figura 18 - Bandeira com a logo da Hydro



Fonte: Hydro Folder Institucional (2019)

A Hydro é uma empresa totalmente integrada na indústria global de alumínio, com operações em 40 países em todo o mundo. Única empresa 360° da indústria global do alumínio, está presente em todos os segmentos do mercado de alumínio, com atividades comerciais em toda a cadeia de valor, fornecendo soluções de alumínio inovadoras para mais de 30 mil clientes.

Figura 19 - Empresa 360° da indústria global do alumínio



Fonte: Hydro Folder Institucional (2019)

A planta da cidade de Tubarão - SC foi adquirida juntamente com a unidade de Santo André – SP no ano de 2018, somadas à já existente planta em Itu-SP, a Hydro conquistou a posição de liderança no mercado brasileiro, com um portfólio completo que atende a todos os requisitos dos mais variados projetos destinados à construção civil.

Segundo a Hydro (2019).

Nosso objetivo:

Criar uma sociedade mais viável, ao desenvolver recursos naturais em produtos e soluções de forma inovadora e eficiente.

Nossos valores:

Cuidado

Agimos com respeito pelas pessoas e pelo meio ambiente, priorizando a segurança em todas as nossas operações.

Coragem

Abrimos novos caminhos e assumimos riscos mensurados, com agilidade, responsabilidade e visão.

Colaboração

Trabalhamos como parceiros, tanto em nível interno como externo, para unificar competências e criar oportunidades vantajosas para todos.

3.1 ATUAL SITUAÇÃO

A unidade fabril da Hydro de Tubarão possui hoje uma demanda contratada de 6.300 kW, considerando a energia contratada somados aos impostos e outras taxas, tem um gasto com energia elétrica que se aproxima de R\$1.000.000,00.

Figura 20 - Fábrica da Hydro em Tubarão - SC



Fonte: Alumínio e Cia (2019)

Por possuir uma demanda superior a 2.000 kW, a empresa é considerada um consumidor livre de energia elétrica, podendo assim, comprar a energia diretamente do comercializador através do mercado livre de energia elétrica. Atualmente ela é atendida na tensão de 13,8 kV e se encontra no grupo A4, modo tarifário verde.

Demanda é a potência ativa, obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).

A Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) é um encargo legal do setor elétrico brasileiro que incide sobre os consumidores conectados aos sistemas elétricos das concessionárias de distribuição.

Figura 21 - Tarifa de fornecimento de energia

 Celesc Distribuição S.A. Av Itamarati, 160 - Florianópolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est: 25526626		NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA GRUPO A4 04/2020 - 000.030.322.316 COD FISCAL OP: 5.257 5.949 EMISSÃO: 17/04/2020 FAT-01-20205926637386-23 APRESENTAÇÃO: 24/04/2020 REFERÊNCIA: 04/2020																									
HYDRO EXTRUSION BRASIL S/A CPJ 50.155.134/0010-40 LOCAL: 1301 ETAPA/LIVRO: 23/019004 RD BR 101 - KM 343 CENTRO TUBARAO - TUB - TUBARAO - SC - 88708-350		Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA 12354258	VENCIMENTO 28/05/2020																								
RESERVADO AO FISCO PERÍODO FISCAL: 17/04/2020 4957.C2C4.1124.E014.F59B.A6A4.8495.1A10		ATENDIMENTO AO CLIENTE LIGUE 0800 480120	CONSUMO TOTAL FATURADO 1.436.506 kWh																								
DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA / FATURAMENTO / FORNECIMENTO INDUSTRIAL / MOD TARIFARIA HORARIA VERDE / TRIFASICO		Dados do Faturamento	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Faturado</th> <th>Tarifa (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tusd-Energia Ponta</td> <td>65,691</td> <td>1,198459</td> <td>78.716,29</td> </tr> <tr> <td>Tusd-Energia F.Ponta</td> <td>1370,825</td> <td>0,108344</td> <td>148.521,21</td> </tr> <tr> <td>Energia Reat Exc Fp</td> <td>4,249</td> <td>0,366708</td> <td>1.558,32</td> </tr> <tr> <td>Demanda</td> <td>6.300</td> <td>19,207463</td> <td>121.574,02</td> </tr> <tr> <td>Subtotal (R\$)</td> <td></td> <td></td> <td>350.369,84</td> </tr> </tbody> </table>		Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Tusd-Energia Ponta	65,691	1,198459	78.716,29	Tusd-Energia F.Ponta	1370,825	0,108344	148.521,21	Energia Reat Exc Fp	4,249	0,366708	1.558,32	Demanda	6.300	19,207463	121.574,02	Subtotal (R\$)			350.369,84
	Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)																								
Tusd-Energia Ponta	65,691	1,198459	78.716,29																								
Tusd-Energia F.Ponta	1370,825	0,108344	148.521,21																								
Energia Reat Exc Fp	4,249	0,366708	1.558,32																								
Demanda	6.300	19,207463	121.574,02																								
Subtotal (R\$)			350.369,84																								
CONTRATO DE FORNECIMENTO PERÍODO: TODOS DEMANDA PONTA (kW): 6300 CONSUMO PONTA (kWh): DEMANDA FORA PONTA (kW): 0 CONSUMO FORA PONTA (kWh): RESERVA CAP.F. PONTA (kW): RESERVA CAP. PONTA (kW):																											

Fonte: O Hydro Extrusion Brasil S/A (2020)

Tabela 3 – Tarifa de energia na tensão de 13.8 kV e demanda de 6300 kW

13.8kV - Grupo A4 - Modo Tarifário Verde (R\$/kW, sem tributos)			
	Tarifas	Março	Total
Demanda HP			
Demanda HFP (kW)	13,02	6.300,00	R\$ 82.026,00
Tarifa HP	0,80860	65.681	R\$ 53.109,66
Tarifa HFP	0,0731	1.370.825	R\$ 100.207,31
			R\$ 235.342,96

Fonte: O autor (2020)

3.2 SITUAÇÃO PROPOSTA

O presente estudo propõe um levantamento dos custos para a construção de uma subestação industrial de energia elétrica para que a empresa Hydro de Tubarão passar a ser atendido na classe de tensão de 69 kV, visando economia na sua fatura de energia elétrica, tendo em vista o valor mais baixo do valor do kW em horário fora de ponta desta classe de tensão comparado ao 13.8kV.

Tabela 4 - Tarifa de energia na tensão de 69 kV e demanda de 6300 kW

69 kV - Grupo A3 - Modo Tarifário Azul (R\$/kW, sem tributos)			
	Tarifas	Março	Total
Demanda HP	18,53	6.300,00	R\$ 116.739,00
Demanda HFP	8,95	6.300,00	R\$ 56.385,00
Tarifa HP	0,05966	65.681	R\$ 3.918,53
Tarifa HFP	0,05966	1.370.825	R\$ 81.783,42
			R\$ 258.825,95

Fonte: O autor (2020)

Tendo em vista a pior situação tarifária, considerando 6.300 kW de demanda em horário de ponta e fora de ponta, podemos observar que o projeto não se torna viável, então simplesmente alterando a classe de tensão, o investimento não se justificará.

Com objetivo de se ter uma redução de gastos com energia elétrica, podemos propor uma redução do consumo nos horários de ponta e analisar a demanda mais aproximada que a empresa necessita. Como a planta possui uma carga passível de manipular, podemos melhorar os valores pagos pela empresa pela transmissão de energia elétrica. Para isso faz-se necessário um estudo do consumo na fábrica.

3.2.1 Análise de consumo da fábrica

A unidade da Hydro de Tubarão se distribuía resumidamente da seguinte forma:

- Quatro unidades de extrusão de perfis de alumínio. (Prensa 1, Prensa 2, Prensa 3, Prensa 4);
- Setor de Anodização;
- Ferramentaria Central;
- Ferramentaria de Correção de Matrizes;
- Embalagem;
- Escritórios administrativos.

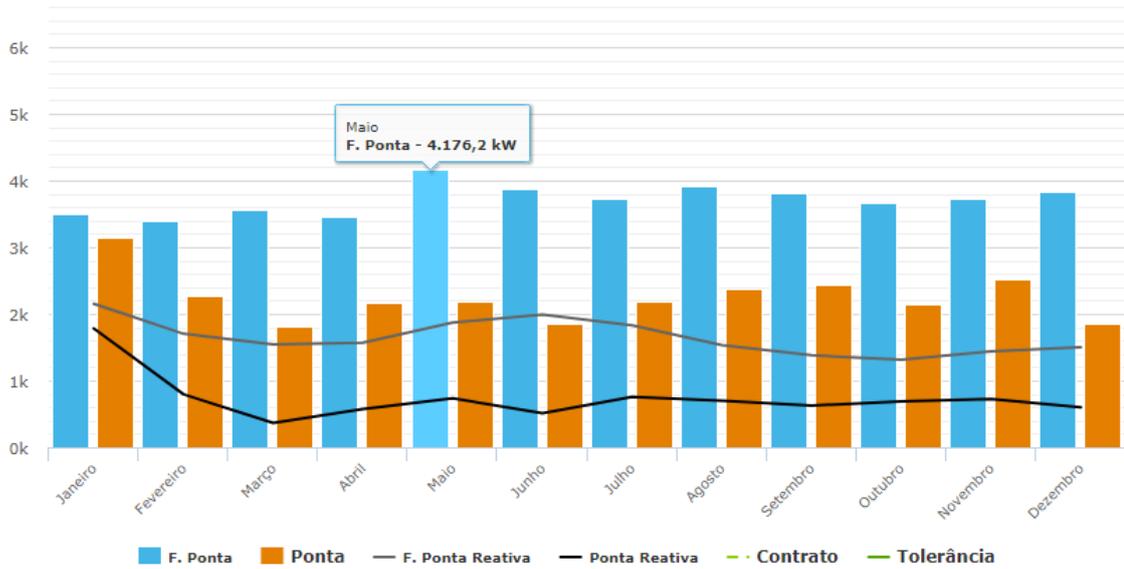
A necessidade prevista de demanda de energia de 6.300 kW contratada pela fábrica, foi levantada em 2013 com o projeto de ampliação da planta com a instalação da quarta unidade de extrusão de perfis de alumínio, a Prensa 4 finalizada em 2014, já tendo em vista a instalação da quinta unidade para os anos seguintes.

O planejamento feito não saiu como o esperado e no ano de 2014, ano de ampliação da fábrica com inauguração na Prensa 4, iniciou uma crise que determinou uma redução

significativa de demanda de produção de perfis de alumínio. O projeto da quinta prensa foi descartado e houve o fechamento da Prensa 3, restando apenas três prensas. Destas prensas restantes, duas trabalham em turnos completos, Prensa 1 e Prensa 4, e a Prensa 2 trabalha conforme surge uma demanda de produção.

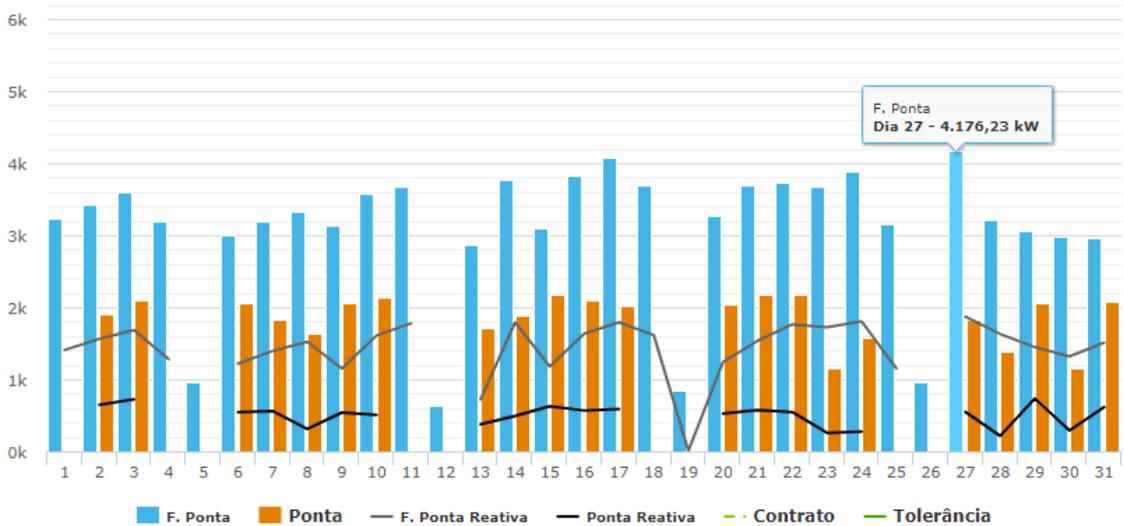
Com a situação atual, o gráfico abaixo mostra o consumo de energia no ano de 2019. O mês de maio foi o mês que apontou o maior pico de demanda do ano referido.

Gráfico 1 - Demanda média mensal consumida no ano de 2019.



Fonte: Hydro Extrusion Brasil S/A (2020)

Gráfico 2 - Demanda média diária consumida no mês de maio de 2019.



Fonte: O Hydro Extrusion Brasil S/A (2020)

Após análise dos gráficos, o presente estudo propõe uma redução da demanda de energia elétrica de 6.300 kW para 4.500 kW, prevendo uma redução também da demanda nos horários de ponta para 3.000 kW.

Tabela 5 - Tarifa com proposta de redução de demanda para a tensão de 69 kV.

69 kV - Grupo A3 - Modo Tarifário Azul (R\$/kW, sem tributos)			
	Tarifas	Março	Total
Demanda HP	18,53	3.000,00	R\$ 55.590,00
Demanda HFP	8,95	4.500,00	R\$ 40.275,00
Tarifa HP	0,05966	65.681	R\$ 3.918,53
Tarifa HFP	0,05966	1.370.825	R\$ 81.783,42
			R\$ 181.566,95

Fonte: O autor (2020)

Fazendo um comparativo com a tensão de 13.8 kV temos a seguinte situação:

Tabela 6 - Tarifa com redução de demanda para a tensão de 13.8 kV.

13.8kV - Grupo A4 - Modo Tarifário Verde (R\$/kW, sem tributos)			
	Tarifas	Março	Total
Demanda HP			
Demanda HFP	13,02	4.500,00	R\$ 58.590,00
Tarifa HP	0,80860	65.681	R\$ 53.109,66
Tarifa HFP	0,0731	1.370.825	R\$ 100.207,31
			R\$ 211.906,96

Fonte: O autor (2020)

4 PROJETO DE UMA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE 69 KV

Os projetos das subestações devem ser realizados aplicando em forma integrada critérios gerais relacionados, a funcionalidade das instalações, qualidade do equipamento, preservação do meio ambiente, condições de segurança na execução do trabalho, confiabilidade do sistema e otimização de custos. O projeto, no que for aplicável, deve estar em conformidade com as normas técnicas da ABNT relacionadas a seguir:

- NBR 13231 - Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não atendidas, de sistemas de transmissão;
- NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico;
- NBR 10151 - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
- NBR 8222 - Execução de Sistemas de Proteção contra Incêndio, em Transformadores e Reatores de Potência, por Drenagem e Agitação do Óleo Isolante;
- NBR 8160 - Instalações Prediais de Esgotos Sanitários;
- NBR 7117 - Medição da resistividade do solo pelo método dos quatro pontos;
- NBR 5626 - Instalações prediais de água fria;
- NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Para que o estudo possa ser analisado de forma completa, foi levantado dados orçamentários de construção de uma Subestação de Energia Elétrica de 69 kV. Todos os dados orçamentários e dimensionamento dos componentes da nova subestação de 69 kV foi realizado pela empresa Power Energy Serviços Elétricos. O levantamento contempla o fornecimento de equipamentos de pátio, painéis, linha de transmissão, montagem eletromecânica, obra civil e comissionamento da nova SE de 69 kV. A parte de média tensão (13.8 kV), será utilizado toda a estrutura já existente na fábrica.

Figura 22 - Local de instalação do projeto SE 69 kV



Fonte: O autor (2020)

Figura 23 - Estrutura de 13.8 kV já existente



Fonte: O autor (2020)

4.1 EQUIPAMENTOS DE PÁTIO

Os equipamentos de pátio são todos aqueles que serão responsáveis pelo funcionamento da SE. Todos os equipamentos foram dimensionados e orçados pela empresa Power Energy, os mesmos são os seguintes:

- Transformador a óleo, casse de tensão 72,5 kV, tensão primária 69kV, tensão secundária 13,8kV - 10/12,5 MVA – Taps em 69 kV: em 17 posições (faixa 58 a 74 kV);
- Disjuntor tripolar, uso externo, isolado em SF6, 72.5 kV;
- Secionador, tripolar, uso externo, com lamina em Alumínio, abertura central, 72.5 kV, 1250 A, Icc 25 kA, NBI 350 kV, com lamina de terra, comando manual para lâminas principais e comando manual para lâmina de terra; 1250 A, 25 kA, NBI 350 kV, 60 Hz, 31 mm/kV, mecanismo de acionamento tripolar à mola;
- Secionador, tripolar, uso externo, com lamina em Alumínio, abertura central, 72.5 kV, 1250 A, Icc 25 kA, NBI 350 kV, sem lamina de terra, comando motorizado tripolar para lâminas principais;
- Transformador de corrente, monofásico, uso externo, tipo top core, isolação a óleo, classe de tensão 72.5 kV, corrente primária 200x400x800 A, corrente secundária 5 A, quantidade de enrolamentos 2, enrolamentos de proteção 1, classe de exatidão 1x(10B200);
- Transformador de potencial indutivo, monofásico, uso externo, tipo top core, isolação a óleo, classe de tensão 72.5 kV, tensão primária 69/v3 kV, tensão secundária 115/115/v3 V, quantidade de enrolamentos 2, enrolamentos de proteção 1, classe de exatidão 1x (0.3P100);
- Para-raios tipo estação, monofásico, uso externo, invólucro polimérico, tensão nominal 60 kV, corrente nominal de descarga 10 kA, classe de descarga 3;
- Retificador carregador de Baterias 125Vcc - 100 A, com Banco de Baterias alcalinas - capacidade: 100 Ah / 10h;
- Transformador de Serviços Auxiliares - a seco - Potencia: 45 kVA - Primário Delta: 13,8 kV - Secundário Estrela: 380/220 Vca - Uso abrigado – Grau de proteção IP-21;
- Painel de serviços auxiliares CA/CC;

- Painel de Proteção e Controle.

Orçamento realizado para os equipamentos de pátio:

Tabela 7 - Orçamento dos equipamentos de pátio da SE de 69 kV.

FORNECIMENTO DOS EQUIPAMENTOS DE PÁTIO			
Item	Descrição	Quantidade	Valores
1	Transformador a óleo, classe de tensão 72,5 kV	1	R\$ 935.960,00
2	Disjuntor em SF6, 72,5 kV	1	R\$ 63.000,00
3	Seccionador abertura central, 72,5 kV	1	R\$ 28.900,00
4	Seccionador abertura central, 72,5 kV	1	R\$ 25.200,00
5	Transformador de corrente, classe de tensão 72,5 kV	3	R\$ 65.400,00
6	Transformador de potencial indutivo, classe 72,5 kV	3	R\$ 65.400,00
7	Para-raios monofásico tensão nominal de 60 kV	6	R\$ 24.000,00
8	Retificador com banco de baterias	1	R\$ 150.413,21
9	Transformador de Serviços auxiliares 45 kVA	1	R\$ 20.115,00
10	Painel de Serviços auxiliares CA/CC	1	R\$ 18.700,00
11	Painel de Proteção e Controle	1	R\$ 23.450,00

Fonte: Power Energy Serviços Elétricos (2020)

4.2 LINHA DE TRANSMISSÃO DE 69 KV

Para a linha de transmissão, através de medição feita em campo, será considerado que esta terá uma extensão de aproximadamente 500 metros, sendo que o custo total desta linha fica em torno de R\$ 1.500.000,00 por quilômetro. O estudo de construção desta linha respeita todos os parâmetros da NBR 5422:1985.

A estrutura da linha de transmissão contém os seguintes equipamentos:

- Poste tubular de concreto armado;
- Cruzeta;
- Anel de cruzeta;
- Grampo de isolador;
- Isolador;
- Cabo guia;
- Cabo nu de força em alumínio.

Tabela 8 - Orçamento da linha de transmissão de 69 kV.

LINHA DE TRANSMISSÃO			
Item	Descrição	Quantidade	Valores
1.2	Linha de transmissão até 500 metros	1	R\$ 750.000,00

Fonte: Power Energy Serviços Elétricos. (2020)

4.3 OBRAS CIVIS E MONTAGEM ELETROMECAÂNICA

As formas, fundações e as estruturas de concreto serão executadas conforme o projeto civil executivo. Está previsto como obras civis:

- Montagem do canteiro de obras;
- Topografia e locação dos eixos da Subestação;
- Escavação em terreno natural e aterro manual compactado de valas para malha de aterramento;
- Drenagem de águas pluviais;
- Construção das fundações e bases dos pórticos;
- Construção das fundações e bases para todos os equipamentos;
- Construção das fundações e bases da caixa coletora e bacia de óleo;
- Construção das canaletas e dutos para cabos de força e controle;
- Construção da casa de comando com 80 m²;
- Execução de cerca perimetral da área da subestação;
- Instalação de portão de acesso;
- Empedramento com brita na área da subestação;
- Limpeza geral do terreno após o término da obra.

As montagens eletromecânicas contemplam:

- Montagem das estruturas de concreto e metálicas;
- Montagem e instalação de todos os equipamentos;

- Lançamento e ligação dos cabos de controle/comando entre os equipamentos do pátio da subestação com os painéis na casa de comando;
- Lançamento dos cabos de força de Média Tensão para interligação do transformador de força até o cubículo locado na casa de comando;
- Lançamento dos cabos condutores superiores para os barramentos;
- Fornecimento e montagem do sistema de iluminação do pátio;
- Fornecimento e montagem do sistema de proteção contra descarga atmosférica, composto pelo lançamento de cabos para-raios, fixados nas estruturas;
- Execução da malha de aterramento compreendendo, lançamento de cabos de cobre nu e conexões com solda.

Tabela 9 - Orçamento das obras civis e montagens eletromecânicas da SE de 69 kV.

OBRAS CIVIS E ELETROMECAÑICAS			
Item	Descrição	Quantidade	Valores
1.3	Serviços e materiais de obra civil	...	R\$ 590.000,00
1.4	Serviços e materiais para montagem eletromecânica	...	R\$ 400.000,00

Fonte: Power Energy Serviços Elétricos. (2020)

4.4 COMISSIONAMENTO

Comissionamento é o conjunto de técnicas e procedimentos aplicados de forma integrada a uma unidade ou planta industrial, visando torná-la operacional, dentro dos requisitos de desempenho especificados no projeto.

Os ensaios de comissionamento são realizados em campo, após a instalação do equipamento e antes da sua colocação em funcionamento, com objetivo de verificar se as características referidas e as expectativas ao produto estão de acordo com o especificado pelo fabricante. Estes registros demonstram claramente se o produto foi aprovado ou não nas inspeções e/ou ensaios de acordo com os critérios de aceitação definidos.

Tabela 10 - Orçamento do comissionamento dos equipamentos da SE de 69 kV.

COMISSIONAMENTO			
Item	Descrição	Quantidade	Valores
1	Transformador a óleo, classe de tensão 72,5 kV	1	R\$ 2.000,00
2	Disjuntor em SF6, 72,5 kV	1	R\$ 1.500,00
3	Seccionador abertura central, 72,5 kV	1	R\$ 600,00
4	Seccionador abertura central, 72,5 kV	1	R\$ 600,00
5	Transformador de corrente, classe de tensão 72,5 kV	3	R\$ 2.400,00
6	Transformador de potencial indutivo, classe 72,5 kV	3	R\$ 2.400,00
7	Para-raios monofásico tensão nominal de 60 kV	6	R\$ 1.200,00
8	Retificador com banco de baterias	1	R\$ 1.600,00
9	Transformador de Serviços auxiliares 45 kVA	1	R\$ 800,00
10	Painel de Serviços auxiliares CA/CC	1	R\$ 500,00
11	Painel de Proteção e Controle	1	R\$ 500,00
12	Cabos de Potência	...	R\$ 3.000,00

Fonte: Power Energy Serviços Elétricos. (2020)

4.5 PRAZO DE EXECUÇÃO DO PROJETO

O prazo de execução depende integralmente do prazo de entrega dos equipamentos, materiais e mão de obra, assim como as condições climáticas no período proposto para início das atividades:

- Transformador – 180 dias;
- Transformador de Serviços Auxiliares – 60 dias;
- Retificador e Banco de Baterias – 120 dias;
- Painéis – 90 dias;
- Disjuntor – 180 dias;
- Seccionador – 180 dias;
- Para-raios – 180 dias;
- TC's e TP's – 240 dias;
- Obras civil – 180 dias;
- Montagem do BAY – 60 dias;
- Montagem da linha de transmissão – 60 dias;
- Comissionamento – 30 dias.

4.6 ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DE UMA SE 69 KV

Na tabela abaixo está o valor total para a conclusão do projeto. Esta informação estimativa está sujeita à revisão, após o recebimento das especificações técnicas definitivas, específicas para este empreendimento. Demais condições técnicas e comerciais serão indicadas, quando da apresentação de uma proposta consolidada.

Tabela 11 - Orçamento total do projeto.

Valores do orçamento realizado	
Equipamentos de Pátio	R\$ 1.420.538,21
Linha de Transmissão	R\$ 750.000,00
Obras Cíveis e Eletromecânicas	R\$ 990.000,00
Comissionamento	R\$ 17.100,00
Valor Total	R\$ 3.177.638,21

Fonte: Power Energy Serviços Elétricos. (2020)

5 VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Haja vista todos os dados obtidos, é possível realizar análise de viabilidade de construção da SE de 69 kV, verificando o tempo de retorno financeiro esperado com a alteração do fornecimento de energia para essa nova classe de tensão. Para essa verificação, tornou-se necessário analisar orçamentos de empresas especializadas na área de sistemas de potência e uma análise dos valores de transmissão de energia elétrica paga pela empresa.

Através dos dados obtidos temos os seguintes números:

Tabela 12 - Valores do projeto com estimativa de tempo de retorno financeiro.

Custo de construção de uma subestação de 69 kV	R\$ 3.177.638,21
Custo da energia na condição atual (13.8 kV e demanda de 4.500 kW)	R\$ 235.342,96
Custo da energia na condição proposta (69 kV e demanda de 4.500 kW e limitação da demanda HP em 3000kW)	R\$ 181.566,95
Ganho mensal aproximado	R\$ 23.436,00
Ganho anual aproximado	R\$ 281.232,00

Fonte: O autor. (2020)

Para qualquer tomada de decisão, devem ser analisadas todas as alternativas, o dinheiro no tempo deve ser considerado para a escolha dentre as alternativas de investimentos. O estudo de viabilidade financeira é o que determinará se o projeto é viável ou não para a empresa.

Para atingir os resultados, foram aplicadas técnicas da matemática financeira:

- A taxa de mínima atratividade (TMA);
- *Payback* simples e *Payback* descontado;
- Valor presente líquido (VPL);
- Taxa interna de retorno (TIR).

A taxa de mínima atratividade é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros, é usada qual o retorno mínimo esperado de um investimento.

O *Payback* é um dos métodos mais simples de análise de investimento, nada mais é do que calcular o número de períodos que o investidor irá precisar para recuperar o investimento aplicado. O *Payback* simples não leva em conta a taxa de juros dos períodos, e para calcular o tempo de retorno basta somar os valores dos fluxos de caixa auferidos, até que

essa soma se iguale ao valor do investimento inicial. O *Payback* descontado é semelhante ao simples, porém é usado uma taxa de desconto antes de se proceder à soma dos fluxos de caixa.

O método do valor presente é umas das técnicas mais usadas na análise de investimentos, consiste em atualizar o fluxo de caixa e comparar este valor atualizado com o investimento inicial.

A taxa interna de retorno é o percentual de remuneração que o investimento oferece, é a taxa de desconto que zera o valor presente líquido dos fluxos de caixa de um projeto. Quando calculamos esta taxa de um determinado investimento estaremos extraindo o percentual de ganho oferecido ao investidor.

Considerando que a empresa possuirá uma despesa anual de manutenção preventiva e preditiva na nova SE, no valor de R\$ 8.000,00, devemos descontar este valor do ganho anual aproximado, restando um valor de R\$ 273.232,00 de retorno anual aproximado.

Aplicando as técnicas de matemática financeira citadas acima, com uma TMA de 2,25%, tomando como base a taxa Selic, atualizada em 17 de junho de 2020 pelo Copom. Obtemos os resultados demonstrados na tabela a seguir.

Tabela 13 - Resultados esperados para o projeto

Ano	0	10	11	12	13	14
Fluxo de caixa final (R\$)	-3177638,21	273323	273323	273323	273323	273323
Fluxo de caixa acumulado (R\$)	-3177638,21	-444408,21	-171085,21	102237,79	375561	648883,79
Fluxo de caixa descontado (R\$)	-3177638,21	218797,83	213983,21	209274,53	204669	200165,74
Fluxo de caixa descontado acumulado (R\$)	-3177638,21	-754297,36	-540314,15	-331039,62	-126370	73795,59
VPL	R\$ 73.795,59					
TIR	2,58%					
Payback simples	11 anos	7 meses	15 dias			
Payback descontado	13 anos	7 meses	17 dias			

Fonte: O autor (2020)

Analisando o projeto proposto neste estudo, apesar de possuir um VPL positivo no valor de R\$ 73.795,59, nota-se que o mesmo não se torna atrativo, com uma taxa de retorno de apenas 2,58%, o que significa que o projeto renderá praticamente o mesmo que a taxa de mínima atratividade.

Como resultado de tempo, teremos um retorno do investimento de 11 anos, 7 meses e 15 dias para o *payback* simples, e 13 anos, 7 meses e 17 dias com o *payback* descontado. Com os resultados demonstrados, do ponto de vista financeiro, podemos concluir que o projeto no momento não é atrativo para a execução, pois o período de retorno do investimento é considerado muito longo para a empresa.

Através desta análise, podemos concluir que a melhor solução para a empresa Hydro, é a redução de demanda contratada de 6.300 kW para 4.500 kW e manter a tensão de 13.8 kV. Um possível investimento com a construção de uma SE de 69 kV, deverá ser analisada somente em caso de ampliação da unidade fabril, tendo em vista o cumprimento das condições gerais de fornecimento de energia elétrica, mencionados na Resolução Normativa número 414 de 9 de setembro de 2010.

6 CONCLUSÃO

Para compreensão do estudo, a análise deu-se de forma objetiva a partir da observação dos dados coletados no decorrer desse trabalho, realizando-se ao fim da pesquisa um comparativo entre os custos de transmissão de energia elétrica paga pela empresa e os valores para implantação de uma nova classe de tensão.

As conclusões ressaltam a importância de uma análise financeira de um projeto antes de tomar decisões de implantação, considerando que tais decisões incidem diretamente no custo do produto, podendo tornar a empresa mais competitiva no mercado de alumínio.

Este trabalho permitiu a aplicação de diversos conceitos adquiridos na formação da graduação em Engenharia Elétrica e também a ampliação de conhecimentos.

A realização de trabalhos deste tipo desenvolvem a habilidade do aluno para encarar os problemas e encontrar as soluções no dia a dia da empresa. Também foi possível agregar valores pessoais, obtidos através de contatos com diversos profissionais nas mais variadas funções, que não mediram esforços em compartilhar seus conhecimentos.

Através desta análise, pode-se perceber que no momento, a melhor solução para a empresa Hydro, é a redução de demanda contratada de 6300 kW para 4.500 kW, mantendo a tensão de 13.8 kV. Um possível investimento com a construção de uma SE de 69 kV, deverá ser analisada no caso de ampliação da unidade fabril e também para cumprir as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, segundo a Resolução Normativa número 414 de 9 de setembro de 2010.

REFERÊNCIAS

FIRJAN. **Quanto custa a energia elétrica.** Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/quanto-custa-a-energia-eletrica.htm>> Acesso em: 01 set. 2019.

IBC. **Aprenda como elaborar um estudo de viabilidade econômica de projetos.** Disponível em: < <https://www.ibccoaching.com.br/portal/aprenda-como-elaborar-um-estudo-de-viabilidade-economica-de-projetos/> > Acesso em: 03 set. 2019.

TREASY. **Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira de projetos: como a Análise de Viabilidade Econômica e Financeira contribui para manter as surpresas longe de seu negócio.** Disponível em: < <https://www.treasy.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-economica-e-financeira-de-projetos/> > Acesso em: 03 set. 2019.

HYDRO. **Sobre a Hydro.** Disponível em: < <https://www.hydro.com/pt-br> > Acesso em: 03 set. 2019.

PROCEL. **Manual de tarifação de energia elétrica.** Disponível em: < http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20EI%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf > Acesso em: 05 out. 2019.

DUALIBE, Paulo. **Subestações: Tipos, Equipamentos e Proteções.** Disponível em: <<http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/SE.pdf>> Acesso em: 05 out. 2019.

BARROS, João Victor Cavalcante. **Estudo de Viabilidade Econômica e das Proteções da Subestação de 69-13.8kV do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará.** 2010. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2010.2/JO%C3%83O%20VICTOR%20CAVALCANT E%20BARROS.pdf>> Acesso em: 05 out. 2019.

LUNELLI, Reinaldo Luiz. **Análise de investimentos**. Disponível em: <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/analiseinvestimentos.htm>> Acesso em: 12 out. 2019.

MUSY, Gustavo Luiz Castro de Oliveira. **Subestações Elétricas**. 2012. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.dee.ufrj.br/~acsl/grad/equipamentos/TCC_GustMuzy.pdf> Acesso em: 12 out. 2019.

JUNIOR, Carlos. **Conheça as cinco frases de um modelo de projeto**. Disponível em: <<https://www.projectbuilder.com.br/blog/conheca-as-5-fases-de-um-modelo-de-projeto/>> Acesso em: 12 out. 2019.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 506, de 4 de setembro de 2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012506.pdf>> Acesso em: 12 out. 2019.

CRISERVICE. **Portifólio**. Disponível em: <<http://www.criservice.com.br/>> Acesso em: 24 out. 2019.

BALESTRO. **Para-raios**. Disponível em: <<http://www.balestro.com.br/para-raios/>> Acesso em: 24 out. 2019.

REHTOM. **Transformador de Potencial**. Disponível em: <<http://www.rehtom.com.br/transformador-potencial-tp-transformadores-potenciais-tps>> Acesso em: 24 out. 2019.

ARTECHE. **Transformador de Corrente**. Disponível em: <<https://www.artech.com/pt/produtos/transformadores-combinados>> Acesso em: 24 out. 2019.

ENSINANDO ELÉTRICA. **Esquema básico de TC e TP.** Disponível em: <<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2013/03/transformador-de-potencial.html>> Acesso em: 24 out. 2019.

ABB. **Disjuntor de Alta tensão.** Disponível em: <https://new.abb.com/high-voltage/pt/AIS/disjuntores/DTB_72> Acesso em: 24 out. 2019.

MONTEMA. **Chave Seccionadora com abertura lateral.** Disponível em: <<http://www.montema.com.br/novo/>> Acesso em: 24 out. 2019.

WEG. **Secionadores.** Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Secionadores/c/GTD_CA> Acesso em: 24 out. 2019.

SIGMA. **Chave Seccionadora de abertura vertical.** Disponível em: <<http://www.sigmachaves.com.br/produtos/chave-seccionadora-de-abertura-vertical-av-15kv-ate-345kv/>> Acesso em: 24 out. 2019.

SCHAK. **Chave seccionadora com lâmina de terra.** Disponível em: <<http://schak.com.br/wp-content/uploads/2015/09/SQF-com-L%C3%A2mina-de-aterramento.jpg>> Acesso em: 24 out. 2019.

ELBI. **Portfólio.** Disponível em: <<http://elbieletrica.com.br/plus/modulos/portfolio/>> Acesso em: 24 out. 2019.

SENGERJ. **Aterramento elétrico.** Disponível em: <<https://www.sengerj.org.br/posts/2777-aterramento-eletrico-modulo-basico>> Acesso em: 24 out. 2019.

ANEEL. **Bandeiras Tarifárias.** Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias> > 22 março 2020.

CELESC. **Evolução da tarifa nos últimos anos.** Disponível em: <<https://www.celesc.com.br/tarifas-de-energia#evolucao-da-tarifa-nos-ultimos-anos>> Acesso em: 22 março 2020.

CELESC. Manual de procedimentos. Sistema de serviços e consumidores, subsistema de medição, Florianópolis, revisão geral, 3ª revisão. Outubro 2019.

HYDRO. Folder institucional, soluções inovadoras. Itu – SP. março 2019.

NUBANK. O que é taxa Selic e como ela afeta seu dinheiro. Disponível em: <<https://blog.nubank.com.br/taxa-selic/>> Acesso 30 junho 2020.