

SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: VIABILIDADE E CONFIABILIDADE NA INSTALAÇÃO

André Comin Nunes
Renato Nunes da Silva

Resumo – O presente artigo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e financeira da instalação de uma subestação de energia elétrica de 69 kV. Serão apresentados as vantagens e desvantagens de sistemas que possuem este tipo de instalação. Este estudo também apresenta os custos de implementação de um típico projeto de subestação em 69 kV e toda sua complexidade técnica que demanda muito estudo e planejamento.

Assim verificamos e validamos que a instalação de uma subestação de energia elétrica é viável, pois traz segurança, confiabilidade e seletividade ao sistema de distribuição de energia elétrica.

Palavras-chave – Distribuidoras de energia elétrica, Subestação, Concessionárias, Permissionárias.

Abstract – This article aims to analyze the technical and financial feasibility of installing a 69 kV electric power substation. The advantages and disadvantages of systems that have this type of installation will be presented. This article also presents the implementation costs of a typical 69 kV substation project and all its technical complexity that demands a lot of study and planning.

Thus, we verified and validated that the installation of an electric power substation is feasible, as it brings security, reliability and selectivity to the electric power distribution system.

Keywords – Electric power distributors, Substation, Concessionaires, Permissionaires.

I. INTRODUÇÃO

Um sistema elétrico de potência necessita de grandes unidades geradoras para suprir uma grande quantidade de consumidores. Contudo, estas unidades geradoras geralmente não se localizam próximas aos centros de cargas, sendo necessária a utilização de linhas de transmissão para transmitir a energia gerada até elas. Além disso, os níveis de tensão ideais para geração, transmissão e distribuição são diferentes uns dos outros. As subestações elétricas são umas das principais partes do sistema elétrico, pois são nelas que começam e/ou terminam as linhas e ainda transformam os níveis de tensões para os ideais, técnica e economicamente. São nelas também que são instalados os equipamentos para proteção das linhas, bem como os equipamentos para manobras, que aumentam a confiabilidade do sistema. Assim, estes equipamentos

permitem reduzir os tempos de manobras, facilitar a comunicação entre as salas de controle remoto e os operadores no local, bem como melhorar a qualidade, a agilidade e a confiabilidade do serviço. Fazendo assim da subestação um sistema altamente crítico da engenharia elétrica. A necessidade de reduzir os custos obriga os engenheiros não apenas em aperfeiçoar seus layouts, mas também usar os procedimentos de projeto com a máxima eficiência, sem desistir da máxima segurança em relação à informação gerada.

O objetivo geral deste artigo é avaliar a viabilidade da instalação de uma subestação de energia elétrica de tensão 69kV, enquadrando-se em um outro grupo tarifário. Outro ponto importante a ser avaliado é analisar a confiabilidade que esta instalação irá oferecer ao sistema elétrico adjacente, assim como também, o atendimento a possíveis aumentos de cargas significativas.

II. SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma subestação de energia elétrica é uma parte vital do sistema de distribuição, onde oferece segurança operacional, confiabilidade e seletividade à distribuidora.

O princípio de funcionamento da subestação baseia-se na ação de transformar um nível de tensão elevada, fornecida por uma fonte, em uma tensão adequada ao sistema adjacente, onde este sistema contém uma divisão em subsistema, que assim, oferecem mais confiança e seletividade.

A Figura 1 apresenta o diagrama unifilar típico de uma subestação abaixadora de entrada 69 kV para 13,8 kV, com seis alimentadores de saída.

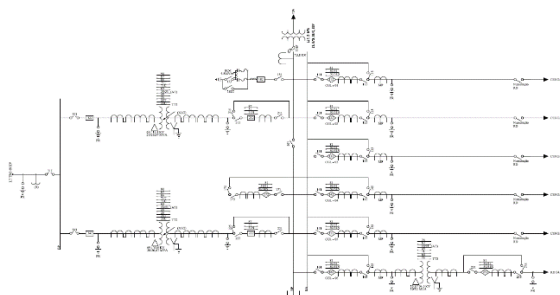


Figura 1 – Diagrama Unifilar Subestação
Fonte: CERGAL, 2021.

III. SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA NA AUSÊNCIA DE SUBESTAÇÃO

Nesta seção serão apresentados os benefícios e as desvantagens de um sistema de distribuição de energia elétrica que não possui uma subestação como parte de seu layout.

Em um sistema de distribuição que não possui subestação é difícil apresentar alguma vantagem, porém podemos citar, talvez como vantagem, em algumas distribuidoras de pequeno porte a ausência de um grande investimento na instalação de uma subestação. Por outro lado, falando ainda financeiramente, temos como desvantagem uma tarifa e demanda de compra mais alta, que com os impostos e encargos, tendem a chegar ao consumidor final, um valor mais elevado.

Ainda falando de pontos negativos, contudo agora em termos técnicos, temos uma potência de carga muito limitada impossibilitando o acoplamento de futuros consumidores. Outro aspecto é o número de manobras limitadas, onde dificultam as transferências de cargas e instalações de religadores e seus respectivos relés de proteções, onde tudo isso altera os níveis de seletividade ocasionando um maior número de faltas de energia (FIC/FEC) e estas por um período mais prolongado (DIC/DEC).

IV. SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA NA PRESENÇA DE SUBESTAÇÃO

As subestações de energia elétrica são construídas em locais amplos ao ar livre. Requerem emprego de equipamentos e dispositivos próprios para funcionamento tanto em condições normais como em condições atmosféricas adversas (chuva, vento, poluição e etc).

A construção de novas subestações e ampliação das instalações existentes são projetos comuns em empresas de energia elétrica. Engloba um complexo processo e por isso necessita de um grande conhecimento/planejamento, para que o mesmo possa ser concluído com êxito.

Um fator muito importante que leva as distribuidoras a construir ou ampliar subestações, é a disponibilidade do aumento da potência instalada, ou seja, a possibilidade de receber novos consumidores.

Com a instalação de uma subestação, permite a distribuição em vários alimentadores. Com isso, pode se ter um aumento de manobras facilitando as transferências de cargas entre alimentadores, sem perder a confiabilidade do sistema, pois estes alimentadores possuem seus sistemas protegidos (religadores).

Todos esses processos citados acima contribuem para obter uma seletividade e segurança operacional visando minimizar o número de faltas de energia elétrica.

Outra vantagem de muita relevância, ao instalar uma subestação de distribuição de energia elétrica, é o direito de obter uma tarifa e demanda de menor valor, ou seja, pelo volume de potência adquirida se enquadra em um grupo

tarifário onde os valores são mais acessíveis economicamente.

Portanto, com a instalação da subestação, a distribuidora possibilita, além de todas as vantagens citadas acima, entregar energia elétrica aos seus consumidores com confiabilidade e com um valor de tarifa mais baixa.

V. MODALIDADE TARIFÁRIA

No sistema de transmissão, subtransmissão e distribuição existem as modalidades tarifárias, onde estas irão diplicar e agregar valores a energia distribuída. As modalidades tarifárias são submetidas de acordo a cada grupo tarifário.

Os grupos tarifários são utilizados para fazer o enquadramento do consumidor, em função do nível de tensão fornecida. Há dois grupos, com vários subgrupos em cada um: O grupo Be o grupo A.

O grupo B inclui os consumidores que recebem energia elétrica em tensão inferior a 2,3 kV (baixa tensão), utilizando ramais monofásicos, bifásicos ou trifásicos. Estes consumidores são “cativos”, ou seja, só podem comprar energia da concessionária que atende a sua região (não têm liberdade para contratar outra concessionária), e também não são obrigados a contratar demanda, mas pagam o custo de disponibilidade.

Os consumidores do grupo B também não pagam o consumo de energia reativa (KVar/h), pagam unicamente o consumo de energia elétrica ativa (kW/h) e por este motivo suas faturas são monômias (aplicáveis apenas ao consumo).

Já os consumidores que recebem energia elétrica em tensão iguais ou superiores a 2,3 kV (média tensão), utilizando ramais trifásicos, ou os que são atendidos por sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária pertencem ao grupo A. Estes consumidores não são necessariamente “cativos”, ou seja, em certos casos podem contratar o serviço de uma concessionária que atue em região diferente do local onde está o consumidor. No grupo A é obrigado a contratar demanda (potência), paga pelo consumo de energia ativa (kWh) e também pela energia reativa (KVarh). Assim, suas faturas são chamadas binômias (aplicável ao consumo e à demanda faturável). Porém também pagam por demanda ultrapassada (kW), caso consumam mais que a demanda contratada.

O Grupo A é subdividido em 6 subgrupos principais em relação às modalidades tarifárias.

- Subgrupo A1 compreendem os consumidores atendidos em tensão maior ou igual a 230 kV e com tarifação azul;
- Subgrupo A2 compreendem os consumidores atendidos em tensão entre 88 kV e 138 kV e com tarifação azul;
- Subgrupo A3 compreendem os consumidores atendidos em tensão de 69 kV e com tarifação azul;
- Subgrupo A3A compreendem os consumidores atendidos em tensão entre 30 kV e 44 kV e com tarifas azul e verde;
- Subgrupo A4 compreendem os consumidores atendidos em tensão entre 2,3 kV e 25 kV e com tarifas azul e verde;

- Subgrupo AS compreendem os consumidores atendidos em tensão menor que 2,3 kV em sistema subterrâneo e com tarifas azul e verde;

Tarifa Horária Azul (sem tributos)

Subgrupos	Classificação	Componentes	Demanda R\$/kW	Energia R\$/kWh
A1	Não se aplica	Ponta	6,16	0,47281
		Fora Ponta	6,56	0,31074
A2	Não se aplica	Ponta	14,04	0,51089
		Fora Ponta	8,6	0,33197
A3	Não se aplica	Ponta	19,35	0,51484
		Fora Ponta	10,35	0,33592
A3a	Não se aplica	Ponta	28,27	0,53739
		Fora Ponta	13,29	0,35847
A4	Não se aplica	Ponta	28,27	0,53739
		Fora Ponta	13,29	0,35847

Figura 2 – Tabela tarifa horaria azul
Fonte: CELESC, 2021.

Tarifa Horária Verde (sem tributos)

Subgrupos	Classificação	Componentes	Demanda R\$/kW	Energia R\$/kWh
A3a	Não se aplica	N/A	13,29	0
		Ponta	0	1,22379
		Fora Ponta	0	0,35847
A4	Não se aplica	N/A	13,29	0
		Ponta	0	1,22379
		Fora Ponta	0	0,35847

Figura 3 – Tabela tarifa horário verde
Fonte: CELESC, 2021.

VI. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA INSTALAÇÃO DA SUBESTAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Nesta seção serão apresentados os comparativos entre as modalidades tarifárias quando há subestação no sistema de uma distribuidora de energia elétrica.

A. Sistemas de distribuição sem subestação

Em um sistema de distribuição de energia onde não possuem subestação, ou seja, um sistema em que o fornecimento de energia provém diretamente de outra distribuidora e/ou também de acordo com o nível de tensão os valores de demanda e de tarifas são mais elevados. Deste modo, este sistema se enquadra na modalidade tarifária A4.

Tomando por exemplo a distribuidora de energia elétrica de médio porte, a CERGAL, que possuía um alimentador em tensão nominal de 13,8 kV e modalidade tarifária A4. A Tabela 1 mostra os respectivos valores de demanda e de energia.

Tabela com Valores Gastos com Demanda e Energia da Cergal em Modalidade Tarifaria A4 Azul			
	Valor Demanda	Demanda Contratada	Total
Ponta	R\$ 23,94	12200	R\$ 292.068,00
Fora Ponta	R\$ 12,33	11800	R\$ 145.494,00
	Valor Energia	Energia Consumida	
Ponta	R\$ 0,20	538628	R\$ 109.600,03
Fora Ponta	R\$ 0,20	3305617	R\$ 672.626,95
Valor Total A4 Azul			R\$ 1.219.788,97

Tabela 1 – Tabela fatura sem tributos A4 Cergal
Fonte: ANEEL, 2021.

Além da questão tarifária citada acima, temos os problemas técnicos. Como a Cergal possuía um alimentador com tensão primária de 13,8 kV, assim podemos citar os seguintes problemas:

- Dificuldades em atender novas cargas (Potência limitada);
- Insegurança operacional;
- Ausência de seletividade no sistema;
- Limitações de manobras operacionais.



Figura 4 – Imagem fornecimento sem subestação
Fonte: CERGAL, 2021.

B. Sistemas de distribuição com subestação

Já em sistemas de distribuição de energia que possuem subestações, o fornecimento provém diretamente de uma linha de subtransmissão ou de linha de transmissão, onde os níveis de tensão são mais elevados. Nestes sistemas aplica-se a modalidade tarifária A3, ou seja, os valores de demanda e de tarifas são mais atrativos. A Tabela 2, mostra os valores de demanda e energia na modalidade tarifária A3.

Tabela com Valores Gastos com Demanda e Energia da Cergal em Modalidade Tarifaria A3 Azul			
	Valor Demanda	Demanda Contratada	Total
Ponta	R\$ 20,46	12200	R\$ 249.612,00
Fora Ponta	R\$ 10,52	11800	R\$ 124.136,00
	Valor Energia	Energia Consumida	
Ponta	R\$ 0,20	538628	R\$ 109.600,03
Fora Ponta	R\$ 0,20	3305617	R\$ 672.626,95
Valor Total A3 Azul			R\$ 1.155.974,97

Tabela 2 – Tabela fatura sem tributos A3 Cergal
Fonte: ANEEL, 2021.

Neste tipo de sistema, há muitos fatores vantajosos que as distribuidoras possuem, como podemos citá-los abaixo:

- Melhor qualidade de energia no ponto de entrega;
- Tarifas especiais;
- Equipamentos preparados para conter falhas;
- Facilidade de expansão;
- Venda da energia remanescente no Mercado Livre;
- Confiabilidade em seu sistema;



Figura 5 – Imagem fornecimento com subestação
Fonte: CERGAL, 2021.

C. Custos de implementação de uma subestação

Na seção anterior foram descritas as vantagens e os pontos negativos dos sistemas com e sem subestação. Também vimos que sistemas de distribuições que possuem subestações apresentam várias vantagens. Contudo a implantação de uma planta deste tipo exige muito empenho e planejamento desde o projeto até a energização.

Uma implantação este tipo tem um custo razoavelmente considerável, principalmente para as distribuidoras de pequeno porte. Dentre estes custos, podemos destacar os principais como: a aquisição do terreno, projetos, equipamentos elétricos, transformadores, linha de transmissão entre outros.

Assim, apresentaremos a seguir os custos da implantação da subestação da distribuidora Cergal, onde esta construiu uma subestação abaixadora de 69/13,8 kV com potência nominal de 40/52 MVA. Esta subestação possui dois transformadores de 20/26 MVA e na saída com seis alimentadores 13,8 kV ambos com seus sistemas de proteção independentes, instalados na sala de comando.



Figura 7 – Imagem dos alimentadores de saída da subestação Cergal
Fonte: CERGAL, 2021.

A Tabela 3 apresenta a descrição e valores dos custos da implantação da subestação de energia elétrica da Cergal.

Custos Implantação da Subestação CERGAL	
1. Bay de saída 69 KV na SE da Celesc	
2. Linha de Transmissão 69kv (04 torres)	
3. Subestação Cergal 2 Trafo 20/26 MVA incluindo toda a estrutura e equipamentos , para um bay de saída 34,5 KV	R\$ 7.810.000,00
4. 06 Bays de saída com rede isolada	
5. Rede Subterranea contendo 03 alimentadores	
Primeiro Transformador 20/26 MVA	R\$ 1.494.000,00
Segundo Transformador 20/26 MVA	R\$ 1.760.000,00
Custo Total Implantação Subestação CERGAL	R\$ 11.064.000,00

Tabela 3 – Tabela custos implantação subestação Cergal
Fonte: CERGAL, 2021.

Vale lembrar que nestes custos não está incluso o valor do terreno, pois a Cergal já possuía os mesmos.

VII. CONCLUSÃO

Neste estudo referente a viabilidade e a confiabilidade da construção de uma subestação de distribuição, que esta tem como papel principal a redução da tensão de chegada a subestação e posteriormente a distribuição em tensão menor aos consumidores finais.

O principal objetivo do estudo proposto neste artigo foi atingido, que era validar e quantificar as vantagens que um tipo de sistema de distribuição tem sobre o outro, ou seja, dimensionar as vantagens que a implantação de uma subestação trás para o sistema de distribuição de energia elétrica. Vantagens estas que não são somente financeiras, mas também técnicas.

Financeiramente podemos citar estas vantagens como a compra de energia com uma menor tarifa e consequentemente mais atrativa ao consumidor final e tecnicamente também podemos destacar a importância da possibilidade de atender uma demanda de novos consumidores.

Por fim é importante destacar a complexidade de uma implantação deste tipo, onde demanda de muito estudo e planejamento.

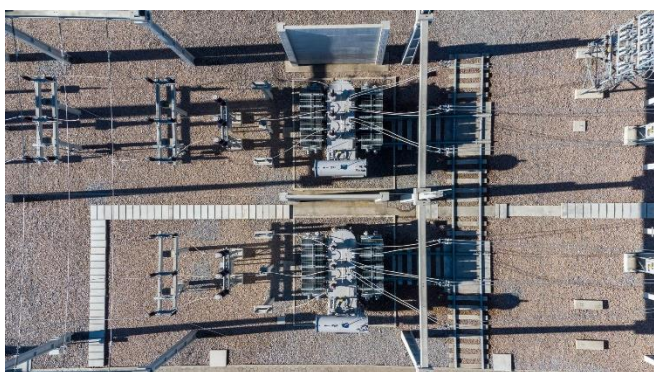


Figura 6 – Imagem transformadores Subestação
Fonte: CERGAL, 2021.

VIII. AGRADECIMENTOS

A Unisul – Universidade do Sul de Santa Catarina pela oportunidade de fazer o curso de Pós Graduação em Sistemas de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica e também por todo o conhecimento adquirido.

Ao nosso orientador Sérgio Barcelos, pelo auxílio e trabalho dedicado na elaboração deste estudo.

A professora Francielen Kuball, pela atenção cedida na execução deste estudo, sempre buscando a melhoria contínua na elaboração deste trabalho.

Agradecer também ao setor contábil da Cergal, em especial ao Manoel Nunes pelo apoio prestado na verificação das modalidades tarifárias.

Ao setor técnico da Cergal, em especial o Eng. Eduardo Dal Bó pelos esclarecimentos prestados na produção deste estudo.

E finalmente agradecer ao técnico Amilton Américo representante da Real Construções, pelos esclarecimentos feitos e pelo acompanhamento feito durante a implantação da subestação da Cergal.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações da Geração Distribuída, 2021. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> Acesso em 6 jul. 2021.

CELESC, Centrais Elétricas de Santa Catarina. Documento eletrônico. Disponível em < <http://www.celesc.com.br>>. Acesso em 22 jul. 2021.

CERGAL, Cooperativa de Eletrificação Anita Garibaldi. Documento eletrônico. Disponível em <<http://www.cergal.com.br>>. Acesso em 30 jul. 2021.