

A atuação das subestações no Sistema Elétrico de Potência

The performance of substations in the Electric Power System

Luís Filipe Gonçalves de Campos¹
Giuliano Pierre Estevam²

RESUMO

O sistema elétrico de potência é o responsável em fazer a energia elétrica chegar ao consumidor, sendo esse sistema formado por geração, transmissão e distribuição, além de contar com as subestações durante algumas partes do processo, partes essas que necessitam de algum tipo de modificação nas características da energia. As subestações são parte importante no sistema, pois visa adequar a energia de acordo com cada etapa do processo, seja na elevação da tensão para que seja realizada a transmissão ou na diminuição da tensão para ficar dentro dos padrões de distribuição. Também são muito importantes na indústria e em grandes empresas, sendo que, em alguns casos, esses setores instalam subestações em seu próprio negócio visando uma maior qualidade da energia utilizada, maior segurança e maior confiabilidade, pois com um sistema próprio não ficam reféns de possíveis variações indesejadas oriundas do sistema de distribuição.

Palavras-chave: Sistema elétrico de potência, energia elétrica, subestação.

ABSTRACT

The electric power system is responsible for making the electric energy reach the consumer, being this system formed by generation, transmission and distribution, besides counting on substations during some parts of the process. These parts require some kind of modification in the characteristics of the energy. Substations are an important part of the system, since they aim to adapt the energy according to each stage of the process, either in the voltage elevation to be carried out or in the voltage decrease to stay within the distribution patterns. They are also very important in industry and large companies, and in some cases these sectors install substations in their own business aiming at a higher quality of the energy used, greater security and greater reliability, because with their own system they are not held hostage to possible unwanted variations arising from the distribution system.

Keywords: Electrical power system, electrical power, substation.

Introdução

O presente estudo terá como principal objetivo analisar as subestações elétricas e sua importância para o Sistema Elétrico de Potência. Inicialmente será analisado o Sistema Elétrico de Potência, dando ênfase no conceito deste, o qual basicamente consiste em um sistema que é responsável por interligar quem produz energia, de qualquer forma, até os consumidores finais. Importante também apresentar o objetivo de um Sistema Elétrico de Potência – SEP, o qual sinteticamente é gerar uma quantidade suficiente de energia elétrica para conduzi-la e difundi-la aos consumidores finais adequadamente e possuindo baixo custo.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica do UniSalesiano – Araçatuba/SP

² Professor do curso de Engenharia Elétrica do UniSalesiano – Araçatuba/SP

Falar-se-á também a respeito da importância de um SEP e para encerrar o primeiro capítulo é necessário também apresentar os órgãos mais importantes no que concerne um Sistema Elétrico de Potência, apresentar-se um apanhado geral, dando ênfase em alguns órgãos.

Ainda será demonstrado como é o funcionamento de um SEP e pelo que ele é composto, que resumidamente consiste em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

A respeito da geração de energia, esta é realizada pela transformação de qualquer fonte de energia em energia elétrica. Com isso é importante relatar que esta não advém somente da geração de energia por meio de usinas hidrelétricas, mas pode também ser gerada pela energia solar, energia eólica, energia nuclear dentre tantas outras. Será apresentado também que essas fontes de energia nem sempre são renováveis, isto é, elas voltam ao que eram, e outras podem ser não renováveis, como o petróleo. Contudo, explicar-se-á melhor no segundo capítulo todas essas particularidades.

Falar-se-á também sobre a transmissão de energia, sendo que essa etapa é continuidade da geração de energia, pois as linhas de transmissão possuem a função de transportar a energia elétrica do local em que foi produzida até os centros de distribuição, onde esta será entregue aos consumidores finais. Será também explicado a respeito da classificação das linhas de transmissão, que podem ser quanto à corrente, quanto à extensão e quando à tensão.

E assim será dissertado a respeito da distribuição dessa energia gerada. Antes dela ser distribuída ela passa pelas subestações, foco do último capítulo, onde estas regulam a tensão para que chegue no consumidor de maneira adequada.

Será relatado, ainda, a respeito das subestações, as quais consistem basicamente em garantir a segurança, pois são elas que tem como objetivo mudar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão e a corrente e assim, será explicado melhor a respeito de seus equipamentos e o funcionamento das subestações.

Apresentar-se-á também sobre as funções das subestações que basicamente seria melhorar a qualidade da energia, proteger a integridade física do sistema e das pessoas dentre outros. Com isso elas serão classificadas, podendo ser quando aos

níveis de tensão, quanto à função, que possui subdivisões, quanto ao tipo de instalação, e quanto ao tipo de comando explicando, assim, cada uma destas.

E por fim serão apresentados os equipamentos, tais como transformadores de força, de corrente e de potencial, chaves seccionadoras, disjuntores, dentre outros. Finalizando o presente trabalho será explicado sobre a importância das subestações no Sistema Elétrico de Potência.

Sistema Elétrico de Potência

É definido como um conjunto de instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, o qual foi, em 1978, regulamentado pela Portaria Nº 3.214. Referido sistema inclui desde as usinas geradoras até os equipamentos de medição nas unidades consumidoras e está presente em todo território nacional. (Silva, 2016).

Nunes (2017, p. 18), traz de maneira clara e sucinta o objetivo de um SEP, conforme segue:

O objetivo deste sistema é gerar energia elétrica em quantidades suficientes, nos locais mais apropriados, transmiti-la aos centros de carga e distribuí-la aos consumidores de forma e qualidade adequada com o menor custo ambiental e econômico possível.

Sendo assim o maior objetivo de um SEP é gerar uma quantidade suficiente de energia elétrica para conduzi-la e difundi-la aos consumidores finais de modo adequado e que possua um custo baixo sendo este ambiental ou econômico. O Sistema Elétrico de Potência – SEP é subdividido em geração, transmissão, distribuição e consumidor, os quais serão melhor explicados posteriormente.

Tendo definido SEP e apresentado basicamente como este funciona é primordial que seja visto qual a importância desse sistema. Iniciar-se-á com a função de um para que assim possa-se visualizar a verdadeira importância. Silva (2019, p. 10) traz que: *[...] a função primeira de um SEP é a de suprir a demanda de energia de consumidores, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais.* Visto isso, nota-se que um Sistema Elétrico de Potência é relevante, pois é o mesmo que faz toda a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo que sem este não seria possível ter eletricidade nas residências.

No que consiste o Setor Elétrico Brasileiro a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (2020) afirma que este: *[...] está estruturado para garantir a*

segurança do suprimento de energia elétrica, promover a inserção social, por meio de programas de universalização do atendimento, e a modicidade tarifária e de preços. Existem vários órgãos que decorrem deste setor, tais como a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que é responsável por regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica, estabelecer tarifas, dentre outros. E o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS que é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica; dentre outros.

Geração, transmissão e distribuição

Vasconcelos (2017, p. 68) traz em sua obra que a forma de realização da geração de energia é pela transformação de qualquer fonte de energia em eletricidade, conforme segue:

A geração de energia elétrica é realizada pela transformação de qualquer fonte de energia em energia elétrica, podendo esse processo ocorrer em mais de uma etapa. No caso das energias provenientes das águas (hidráulica) ou do calor (térmica), em uma 1ª etapa uma máquina primária transforma um desses tipos de energia em energia cinética de rotação e, em uma 2ª etapa, um gerador elétrico acoplado à máquina primária transforma a energia cinética em energia elétrica.

Sendo assim, apresenta que referida transformação ocorre em mais uma etapa dependendo de qual a proveniência da energia, mesmo tendo citado apenas a hidráulica e a térmica, é importante frisar que existem outras fontes de energia. Posto isso, vale falar sobre as fontes de energia renováveis e não renováveis, onde aquelas são, como o próprio nome já diz renováveis, isto é, elas se renovam com o tempo, diferente das não renováveis, para exemplificar Vasconcelos (2017, p. 68) traz em sua obra que:

*Renováveis: da energia hidráulica, da biomassa (cana, lenha, carvão vegetal e lixo), da energia eólica, da energia solar, da energia geotérmica, da energia maremotriz, do biogás e do biodiesel;
Não renováveis: do petróleo e seus derivados, do gás natural, do carvão mineral e seus derivados e da energia nuclear (urânio).*

CBIE (2018) também relata que no Brasil, as fontes renováveis são responsáveis por mais de 70% da geração elétrica nacional, sendo predominantemente a hidráulica com 65,2%. No entanto, o relatório de Balanço Energético Nacional – 2020 produzido pela EPE trouxe que a fonte hídrica ainda é

a predominante, mas houve uma diminuição para 64,9% de sua oferta interna, e apresenta também que as fontes renováveis representam 83,0% da oferta interna de eletricidade no Brasil.

Após a energia elétrica ter sido gerada, de qualquer forma, seja por usinas hidrelétricas, por painéis solares, usinas eólicas, dentre outras, ela será transportada, e quem realiza o transporte são as linhas de transmissão. Melo (2016) explica que a tensão gerada é em torno de 13kV a 25 kV as quais não são apropriadas para o transporte a longas distâncias, sendo assim necessária se faz a utilização de transformadores que convertem essa tensão aumentando-a e diminuindo a corrente para diminuir perdas no transporte dessa energia gerada. Com isso, as linhas de transmissão possuem a função de transportar a energia elétrica do local em que foi produzida até os centros de distribuição, onde esta será entregue aos consumidores finais.

Com isso, ao se projetar uma linha de transmissão, faz-se necessário observar uma série de componentes os quais as constituem, sendo que estes componentes apresentam particularidades relacionadas ao uso, tipo, nível de tensão, relevo e até ao clima do local por onde a linha de transmissão passará.

Tendo visto um apanhado geral no que cerne às linhas de transmissão, far-se-á necessário explicitar melhor a respeito da distribuição da energia elétrica. Diferente do que se pensa, a distribuição de energia elétrica não consiste apenas na entrega desta, a ANEEL (2015) traz em seu site que: *A distribuição se caracteriza como o segmento do setor elétrico dedicado ao rebaixamento da tensão proveniente do sistema de transmissão, à conexão de centrais geradoras e ao fornecimento de energia elétrica ao consumidor.* Sendo assim, a distribuição não é apenas a entrega da energia, ela faz uma parte essencial que é o rebaixamento da tensão para uma adequada para os consumidores finais.

Portanto, distribuição de energia é um segmento do sistema elétrico, com a finalidade de entregar energia elétrica ao consumidor final. Esse segmento é um sistema de instalações e componentes elétricos que operam sob responsabilidade das concessionárias de distribuição, o sistema é dividido basicamente em subestação de distribuição e em linhas de distribuição. (ZIMMER; ORTIZ; FRANCO JUNIOR, 2013).

A distribuição é a responsável em levar a energia até as residências, empresas

e indústrias, porém, é necessário que essa energia passe por transformações, pois são transmitidas em altas tensões e distribuídas em tensões menores. Tanto para aumentar quanto para diminuir a tensão é necessário que a energia passe por diferentes subestações, sendo essas as responsáveis por mudar as características da energia elétrica.

Subestações elétricas

De acordo com Altoé (2013) nas subestações existem sistemas de medição, proteção e transformação, além de outros sistemas que visam à segurança das pessoas e dos equipamentos envolvidos no processo, facilidade em casos que necessitam de manutenção, atendimento a demanda de energia solicitada pelas instalações alimentadas por elas, maior flexibilidade para realizar manobras e confiabilidade tanto na proteção quanto na operação.

Pode-se definir subestação elétrica, portanto, como um conjunto de equipamentos que tem como objetivo mudar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão e a corrente. Dessa maneira é possível manter a energia elétrica dentro de valores pré-estabelecidos para a transmissão e distribuição desta.

As subestações possuem certas funções, sendo que algumas delas podem ser definidas de acordo com Martins (2020) como para:

- Garantir a interligação dos sistemas de energia elétrica, direcionando o fluxo de energia entre as fontes e as cargas e utilizando equipamentos de manobra e transformação de tensão;
- Melhorar a qualidade de energia, possuindo a capacidade para compensar reativos do sistema e controlar e fazer a manutenção dos níveis de tensão adequados;
- Proteger a integridade física do sistema e das pessoas, e para isso deve possuir dispositivos de proteção capazes de detectar diferentes tipos de falha no sistema e isolar os trechos onde estas ocorrerem.

Necessário se faz atentar-se para o último tópico, no que concerne à integridade física, sendo esta referente tanto ao sistema quanto às pessoas, pois uma falha pode acarretar graves prejuízos financeiros e físicos. Não podendo, para tanto, ocorrer nenhum destes. Quanto à classificação as subestações podem ser

classificadas quanto aos níveis de tensão, quando à função, quanto ao tipo de instalação e quanto à forma de operação. Quanto aos níveis de tensão as Subestações são ramificadas em três, que conforme Muzy (2012) são definidas como baixa tensão, que são as subestações com nível de tensão igual ou inferior a 1KV; média tensão cujos níveis de tensão estão entre 1kV e 34,5kV; alta tensão que é utilizado para níveis entre 34,5 kV e 230 kV e extra-alta tensão, utilizada para níveis maiores que 230 kV. Quanto aos níveis de tensão ela pode ser subdividida em de manobra, elevadora ou abaixadora. Quanto ao tipo de instalação, que pode ser externa ou interna/abrigada. E quanto ao tipo de comando que são subestações com comando, semi-automatizadas e automatizadas.

As subestações possuem equipamentos, os quais são: Transformadores de força que de acordo com Duailibe (1999) os podem ser classificados segundo o seu meio isolante, podendo este ser a óleo mineral, líquidos isolantes sintéticos que são pouco inflamáveis, como o silicone, e secos; Transformadores de corrente, os quais Sppezapria (2017), define transformadores de corrente como equipamentos destinados a proteção ou medição, reduzindo a corrente do sistema para níveis menores, se adequando aos valores de conexão, funcionamento e operação dos instrumentos de controle, proteção e medição; Transformadores de Potencial que Muzy (2012) define transformadores de potencial como sendo equipamentos utilizados para que seja realizada a medição de tensão, visto que em muitos casos a tensão do sistema é maior que a tensão máxima suportada pelos equipamentos de medição. A tensão fornecida pelos transformadores de potencial é proporcional a tensão do sistema, ou seja, é possível obter os valores de tensão com maior precisão e segurança; no que diz respeito aos disjuntores, Duailibe (1999) afirma que dentre os equipamentos de segurança, pode-se considerar o disjuntor o principal deles, sendo também um equipamento muito eficiente quando se trata de dispositivo de manobra em redes de energia elétrica; quanto ao banco de capacitores Fragoas (2008), afirma que o mesmo é instalado no sistema de distribuição com o intuito de controlar o fator de potência, para assim, manter o sistema mais estável e diminuir as perdas. O barramento utilizado em subestações pode ser definido como um condutor de metal, tendo como objetivo interligar os circuitos da subestação. Conforme Duailibe (1999) Os equipamentos de proteção são muito importantes nas subestações, pois protegem os demais equipamentos de anormalidades do próprio

sistema e de descargas atmosféricas, os quais são para raios, relés e fusíveis. Já seccionizador define-se, segundo a NBR 6935 (apud Muzy, 2012), como um dispositivo mecânico de manobra capaz de abrir e fechar um circuito elétrico quando uma corrente de intensidade desprezível é interrompida ou restabelecida. Gennari (2017) afirma que o aterramento é constituído por um conjunto de hastes, cabos, condutores e conectores, juntamente com algum componente que dissipe as correntes impostas ao sistema, garantindo a segurança das pessoas no local, além de proteger os equipamentos que constituem o sistema.

Desde a necessidade de elevar a tensão para uma transmissão mais eficiente até a necessidade de diminuí-la para distribuir com valores adequados, as subestações são de suma importância, pois não só são responsáveis por mudar a característica da energia elétrica como também atuam visando a segurança, proteção e controle.

Cada subestação tem sua peculiaridade, sendo diferenciadas de acordo com as tensões com que trabalham e pela sua finalidade naquela etapa do processo. Algumas empresas e indústrias optam por construir subestações de média tensão próprias, tendo assim um maior controle da qualidade de energia que abastece seu empreendimento. Dessa maneira, em caso de surtos no si continuam sendo alimentados de maneira correta, evitando que os mesmos venham a sofrer possíveis danos.

Um sistema elétrico bem elaborado, com um rígido controle de qualidade e com subestações dentro dos padrões e estrategicamente posicionadas, tende a abastecer o país sem falhas. Em contra partida, pequenos erros podem causar um grande impacto econômico e social, pois nos dias de hoje a população é refém da energia elétrica, sendo que uma única hora sem o devido abastecimento da mesma pode gerar muito prejuízo e vários transtornos, desde uma indústria parada até um hospital dependendo de um gerador para manter aparelhos ligados.

Conclusão

Diante do que foi apresentado em todo o presente trabalho, é imprescindível realizar um desfecho acerca do tema e do conjunto em si, tendo em vista toda a importância do estudo em questão.

Foi realizada uma análise acerca do Sistema Elétrico de Potência, iniciando

assim, com o conceito deste, que basicamente é definido como um conjunto de instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. É um sistema que interliga produtores e consumidores de energia para suprimir a demanda de energia dos consumidores transmitindo destes consumidores, transmitindo essa energia por meio das linhas de transmissão e distribuição, e para isso é necessário elevar e abaixar os níveis de tensão por meio das subestações.

Foi apresentado também o objetivo de um SEP, que em poucas palavras, consiste em gerar energia elétrica em quantidades suficientes nos locais mais apropriados, transmiti-la aos centros de carga e distribuí-la para os consumidores de maneira adequada e com um menor custo possível.

No primeiro capítulo ainda foi relatado a respeito da geração, transmissão, distribuição e consumidor, que em suma significa que a energia elétrica é formada em um gerador e a partir dali transmitida pelas linhas de transmissão até chegar a um distribuidor, o qual irá compartilhar tal energia com os consumidores, que são o principal foco de todo o processo. Entretanto vale frisar que essa energia não é gerada e distribuída com a mesma tensão, necessário se faz passá-la pelas subestações, que alteram essa tensão, para adequá-la ao momento.

Foi, ainda, apresentadas a importância e as características do SEP e como funciona o setor elétrico brasileiro, expondo assim, seus órgãos, tais como o Conselho Nacional de Política Energética, Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Energia Elétrica, dentre outros. Dando ênfase e explicando melhor os considerados mais importantes para este estudo em questão.

No que consiste o segundo capítulo, foi relatado com mais ênfase sobre a geração, transmissão e distribuição da energia.

Quando à geração, tem-se que essa geração da energia elétrica é realizada pela transformação de qualquer fonte de energia elétrica, podendo esse processo ocorrer em mais de uma etapa, dependendo para tal, de qual fonte está falando. E assim foi mostrado também que existem várias formas de se gerar a energia elétrica podendo ser através das águas, como em hidrelétricas, ou através do calor, na térmica, do sol, na solar dentre outras tantas formas.

Relatou-se também a respeito das fontes renováveis ou não de energia, sendo as renováveis aquelas que, como o próprio nome já diz, renovam-se com o tempo,

como é o caso da solar ou eólica. E as não renováveis, que são as que não se renovam no decurso do tempo, que são as energias provenientes do petróleo e seus derivados, do gás natural, carvão, dentre outros.

Foi realizada uma pesquisa, na qual mostrou que em 2018 no Brasil, as fontes renováveis são responsáveis por mais de 70% da geração elétrica nacional, sendo predominantemente a hidráulica com 65,2%. E conforme pesquisa realizada em 2020 pelo Balanço Energético Nacional a fonte hídrica ainda é a predominante, mas houve uma diminuição para 64,9% de sua oferta interna, e apresenta também que as fontes renováveis representam 83,0% da oferta interna de eletricidade.

Foi apresentado ainda, brevemente, sobre cada uma das principais fontes de energia, sendo estas renováveis ou não.

Quanto à transmissão de energia, após a energia elétrica ser gerada é necessário que esta seja transportada e quem realiza referido transporte são as linhas de transmissão. Para que haja esse deslocamento é preciso que a tensão seja convertida, adequando-a e para isso utiliza-se os transformadores, aumentando-a ou diminuindo-a. E assim, falou-se também sobre as classificações dessas linhas de transmissão, que podem ser quanto à corrente, quanto à extensão e quanto à tensão.

Após essa energia ser transmitida é preciso que ela seja distribuída, a qual se caracteriza pelo rebaixamento da tensão para que assim chegue aos consumidores finais de maneira adequada, sem que haja prejuízos.

No terceiro e último capítulo o foco foi nas subestações elétricas, as quais possuem a função essencial de regular a tensão da energia. Definiu-se subestações como sendo um conjunto de equipamentos que tem como objetivo mudar as características da energia elétrica, aumentando ou diminuindo a tensão e a corrente. Apresentou que suas funções são: garantir a interligação dos sistemas de energia elétrica; melhorar a qualidade de energia e proteger a integridade física do sistema e das pessoas, com dispositivos de proteção capazes de detectar diferentes tipos de falha no sistema e isolar os trechos onde estas ocorrerem.

Foi relatado também sobre a classificação destas e seus equipamentos mais imprescindíveis.

Concluindo, desde a necessidade de elevar a tensão para uma transmissão mais eficiente até a necessidade de diminuí-la para distribuir com valores adequados, as subestações são de suma importância, pois não só são responsáveis

por mudar a característica da energia elétrica como também atuam visando a segurança, proteção e controle.

E assim, cada subestação possui sua peculiaridade, sendo diferenciadas de acordo com as tensões com que trabalham e pela sua finalidade naquela etapa do processo. Um sistema elétrico bem elaborado, com um rígido controle de qualidade e com subestações dentro dos padrões e estrategicamente posicionadas, tende a abastecer o país sem falhas. Em contra partida, pequenos erros podem causar um grande impacto econômico e social.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Regulação dos Serviços de Distribuição.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/regulacao-da-distribuicao/-/asset_publisher/nHNpDfkNeRpN/content/regulacao-dos-servicos-dedistribuicao/656827?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fregulacao-da-distribuicao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_nHNpDfkNeRpN%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D4>. Acesso em: 05 out. 2020.

ALTOÉ, Solivan. **Subestações Elétricas.** Disponível em: <ftp://ftp.sm.ifes.edu.br/professores/SolivanAltoe/4EN/Subesta%E7%F5es_Solivan.pdf>. Acesso em: 02 out. 2020.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. **Setor Elétrico.** Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/comercializacao?_adf.ctrl-state=cf22ewnug_1&_afLoop=37481792453065#!%40%40%3F_afLoop%3D37481792453065%26_adf.ctrl-state%3Dcf22ewnug_5>. Acesso em: 24 set. 2020.

Centro Brasileiro de Infraestrutura – CBIE. **Como funciona a geração elétrica?** Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-geracao-eletrica/>>. Acesso em: 25 set. 2020.

DUAILIBE, Paulo. **Subestações:** tipos, equipamentos e proteção. Disponível em: <<http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/SE.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2020.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanço Energético Nacional 2020.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf>. Acesso em: 05 out. 2020.

FRAGOAS, Alexandre G.. **Estudo de caso do uso de bancos de capacitores em uma rede de distribuição primária** – indicativos da sua viabilidade econômica. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) –

Universidade de São Paulo. São Carlos.

GENNARI, Rodrigo. **Malha de aterramento de subestações**. 2017. Trabalho de Graduação de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá.

MARTINS, Bruno G.. **Sistemas de Energia (SIE)**. Disponível em: <<http://joinville.ifsc.edu.br/~bruno.martins/SIE/AULA%2011%20-%20SIE%20-%20SUBESTA%C3%87%C3%95ES.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2020.

MELO, Marcus V. E. S.. **Linhas de Transmissão e Descargas Atmosféricas: Análise de Avarias, Perdas Técnico-Financeiras e Sistemas de Proteção**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília. Brasília.

MUZY, Gustavo L. C. de O.. **Subestações Elétricas**. 2012. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Elétrica). – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

NUNES, Mauro T. L.. **Impacto da localização de geração distribuída nos dispositivos de proteção de um sistema elétrico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pampa. Baje.

SILVA, David M. K.. **Fluxo de potência para sistemas de distribuição considerando redução de barras**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

SILVA, Rafael Schincariol. **Sistemas elétricos de potência I**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

SPPEZAPRIA, Filipe B. da R.. **Métodos de Ensaio Aplicados na Manutenção de Transformadores de Corrente de Alta Tensão**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Paraíba. Paraíba.

Vasconcelos, Filipe M. de.. **Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

ZIMMER, Camila; ORTIZ, Guilherme E.; FRANCO JÚNIOR, Manoel A.. **Estudo para melhoria do desempenho do sistema elétrico de distribuição das cidades brasileiras**. Disponível em: <https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2012_2_16/2012_2_16_proposta.pdf>. Acesso em: 06 out. 2020.