

IMPACTOS DAS MINIGERAÇÕES HIDRELÉTRICAS NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

ALEXANDRE MARTINI PALUDO ¹, GHENDY CARDOSO JR ², GUSTAVO MARCHESAN ², SELSO RABELO ³

¹ Mestrando do PPGEE da UFSM, São Leopoldo, RS, Brasil, paludoalexandre@gmail.com

² Professor Dr. do PPGEE da UFSM

³ Mestrando do PPGEE da UFSM

RESUMO

O aumento significativo da inserção de sistemas de geração distribuída (GD), e a crescente demanda de energia, tem criado um cenário exponencial no mercado de energia renováveis, impactando significativamente as conexões de Centrais Geradoras Hidráulicas (CGHs) no Sistema Elétrico de Potência Brasileiro. Este trabalho objetiva apresentar os requisitos de conexão de Minigeradores Hidrelétricos no Sistema Elétrico de Potência Brasileiro e os seus impactos. Concluiu-se, portanto, que ao se conectar uma minigeração hidrelétrica no SEP, apesar do baixo impacto ambiental se comparado a uma conexão hidrelétrica de grande porte, e do baixo custo financeiro na sua implementação, podem ocorrer sobretensões no sistema elétrico, ilhamento na rede elétrica, perdas de sincronismo com a rede, alteração das proteções do sistema, dentre outros, bem como podem contribuir em caso de instabilidades no sistema.

Palavras-chave: Geração Distribuída. Centrais Geradoras Hidrelétricas. Proteção de Geradores. Sistema Elétrico de Potência. Estabilidade de Sistemas de Potência.

1. INTRODUÇÃO

As Centrais Geradoras Hidráulicas (CGHs), se constituem em pequenas usinas que fazem o uso da força e pressão da água para a obtenção de energia elétrica, tendo características muito próximas às pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), porém de tamanho e capacidade reduzidas. O Sistema de Informações de Geração (SIGA), um sistema da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na sua última atualização, traz que o Brasil possui atualmente 546 PCHs e 744 CGHs somando um total de mais de 6.209 MW de potência instalada, representando aproximadamente, 4 % da matriz energética brasileira. O art. 8º da Lei nº 13.360/2016 declara que o “aproveitamento de potenciais hidráulicos [...] de potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) estão dispensados de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente”. Assim sendo, para a construção das CGHs a burocracia é muito menor, se comparado com uma hidrelétrica de maior capacidade - estando as ações para construção de uma CGH mais ligadas às Licenças

Ambientais. Todavia, como seu tamanho e capacidade são reduzidos, os impactos ambientais provenientes delas também o são, e por conta disso, existe maior facilidade em se obter a documentação junto aos órgãos ambientais competentes – se comparado às usinas maiores. Por outro lado, o investimento para uma CGH é bem menor, devido a sua estrutura reduzida, causando uma descentralização da produção de energia, abrindo possibilidade para que investidores privados também participem do setor.

Minigeração distribuída é aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW para casos com fontes despacháveis (usinas a fio d'água que possuem controle variável de geração de energia), e 3 MW se não enquadradas como fontes despacháveis, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Contudo, as Minigerações conectadas até 7 de janeiro de 2022 podem possuir até 5 MW de geração sem fonte despachável (ANEEL,2021).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN 2022), a micro e minigeração distribuída (MMGD) no Brasil, apresentou um aumento de 84% de 2020 para 2021, onde 3,4% são de fonte hidráulica, com um total de 63 usinas. Todavia, o Procedimento de Distribuição Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição elaborado pela ANEEL, instituiu os requisitos de acesso e determina normas técnicas e funcionais, condições de projeto, informações, e a implementação da conexão para novos e os já existentes. Nele está determinado que conexões de GDs necessitam observar as normas técnicas brasileiras, assim como obedecer às normas e padrões determinados pelas concessionárias. Analogamente, fica evidente a necessidade de que, durante a definição das condições de conexão pelas concessionárias, esse objetivo atenda os padrões de indicadores de desempenho e de qualidade do serviço de distribuição, da segurança, eficiência e confiabilidade do sistema e das ligações atuais, assim como do meio ambiente.

No entanto, as distribuidoras não podem limitar a conexão do acessante em linhas de transmissão (LT) ou alimentadores já existentes, desde que sejam atendidos critérios e normas técnicas específicas para a conexão determinadas tanto pela legislação vigente quanto aos padrões das distribuidoras. As exigências variam, desde limitações quanto ao número de acessantes por LT/alimentador, total de geração, perdas elétricas e variação de tensão estabelecida pela entrada ou saída de operação dessa geração.

Existe uma grande preocupação no que concerne ao panorama global energético, e na necessidade de se buscar alternativas para a garantia do abastecimento relacionado com as discussões acerca dos impactos advindos da exploração dos recursos hídricos. Segundo Fameco (2013) e o INEE o Brasil ostenta uma matriz energética abastada, viabilizando assim, a implantação de Geração Distribuída (GD) - que se constitui por unidades geradoras conectadas aos sistemas de distribuição ou transmissão. As GDs são constituídas por geração em paralelo com a rede, elevando a sua confiabilidade de abastecimento, podendo ser utilizada em locais distantes das centrais geradoras (CGs), reduzindo o transporte da energia e as perdas elétricas e conseqüentemente, reduzindo a necessidade de investimentos para suprimento e atendimento de novas cargas. Dentre os requisitos básicos que as concessionárias estabelecem para inserção de GDs na rede, está listado o Sistema de Proteção destacando sobretensão, religamento automático e ilhamento (ANEEL, 2021). O cálculo entre o provimento de energia e a demanda em qualquer tempo, incluindo as perdas, é a função primordial de um sistema elétrico, e quando dimensionado corretamente, é capaz de manter esse cálculo em condições normais (estado estacionário) ou após perturbações na rede elétrica.

3. METODOLOGIA

Este artigo tem como base e natureza, a pesquisa bibliográfica e a análise de conteúdo de Gil (2002), na qual é desenvolvida com base em material já elaborado, e constituído principalmente de livros e artigos científicos, e “[...] sendo exclusivamente a partir de fontes bibliográficas”. Assim sendo, a pesquisa é básica e de natureza bibliográfica, trazendo uma breve abordagem sobre as Centrais Geradoras Hidráulicas (CGHs) brasileiras; os conceitos do art. 8º da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995 que fala sobre o aproveitamento de potenciais hidráulicos; a Resolução Normativa da ANEEL nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023 que aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica; altera as Resoluções Normativas nº 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, e dá outras providências; da norma apresentada no Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (PDE 2027), documento que manifesta a perspectiva do Governo, quanto ao crescimento do setor energético.

Entende-se assim, que na pesquisa bibliográfica seria pouco provável que o investigador pudesse percorrer cada canto do Brasil, em busca de dados sobre a Geração Distribuídas (GDs), as CGHs bem como os Impactos das Minigerações Hidrelétricas no Sistema Elétrico de Potência (SEP); todavia, quando “se tem a sua disposição uma bibliografia adequada, não tem maiores obstáculos para contar com as informações requeridas” (GIL, 2002, p. 45). A pesquisa é de natureza qualitativa, e a escolha por essa abordagem se deu pelo fato de a pesquisa qualitativa ter como premissa, a análise e interpretação dos aspectos mais profundos, ao descrever a complexidade do comportamento humano e ainda fornecer análises detalhadas sobre as investigações, atitudes e tendências de comportamento (TRIVIÑOS, 2001). Dessa forma, a metodologia permite “[...] o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 52), e a construção de hipóteses, levantamentos/estudos bibliográficos, para a análise que auxiliará na compreensão da questão sobre as centrais hidrelétricas no atual contexto energético. A interpretação dos dados e a pertinência das definições serão base para o processo da pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013), sendo assim, espera-se trazer melhor e maior abrangência do estudo proposto, respeitando as subjetividades dos sujeitos envolvidos na mesma.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modo como a GD se comporta com o sistema elétrico, principalmente durante um curto-circuito, depende da escolha da conexão do transformador de acoplamento, ou de interconexão, disposto entre concessionária e acessante. Dentre as conexões mais usadas estão a Delta (AT) – Estrela aterrada (BT), Estrela aterrada (AT) - Delta (BT) e Estrela – Estrela (VICENTINI et al., 2013).

A conexão mais adotada pelas concessionárias no caso de geração própria, é a ligação Estrela aterrada (concessionária) – Delta; os esquemas de proteção dessa conexão são baseados em sobrecorrente, sendo que a detecção da maioria dos curtos-circuitos é feita com eficiência. Alguns dos benefícios no uso dessa conexão, consiste na ausência de contribuições do sistema elétrico para a falta fase-terra no gerador do acessante, à contenção das correntes de terceira harmônica e seus múltiplos e, sendo a alta tensão aterrada, a garantia de aterramento das linhas de transmissão se houver a abertura dos disjuntores da concessionária. Segundo Mozina (1999) o desequilíbrio de cargas no sistema é um ponto a ser considerado nesse tipo de ligação, devido a corrente de desequilíbrio que antes voltava para a terra sentido neutro aterrado da subestação, essa corrente tende a se dividir entre os

equipamentos da subestação e o novo equipamento instalado, causando a diminuição da sua capacidade de carregamento, ou a redução de seu tempo de vida útil, por ser submetido constantemente a elevados valores de corrente.

Por outro lado, concessionárias que usam conexão Delta (AT) – Estrela aterrada (MT) em seus transformadores abaixadores, alimentando circuitos com acessantes que usam conexão Estrela aterrada (concessionária) – Delta (acessante), percebem a ocorrência de sobretensões na alta tensão, no caso de haver atuação das proteções das concessionárias antes da atuação das proteções do acessante. A ausência de retaguarda para as proteções com base na tensão e a presença de transformadores monofásicos alimentados pelo acessante sob condição de ilhamento, são dois pontos levados em conta a quando a escolha da ligação Delta-Estrela dos acoplamentos dos acessantes, que além de inviabilizar o atendimento das cargas conectadas, podem ainda deixá-las susceptíveis à condições de atendimento indesejadas (BLACKBURN, 1987). Já a opção pela conexão Estrela aterrada - Estrela aterrada, é muito utilizada por concessionárias americanas - entretanto, essa conexão não bloqueia os harmônicos originados pelos acessantes, além de não evitar desligamentos na concessionária em decorrência de curtos internos.

Nas simulações realizadas por Pessoa (2016), utilizou-se o software ATPDraw para simulação de diferentes minigeradores de fontes distintas, com ligação no sistema de distribuição de MT, com ligação de transformadores de acoplamento delta-estrela, onde as minigerações apresentam de modo geral quando inseridas no sistema de distribuição um sutil aumento de tensão próximo das barras onde está localizada a fonte desta geração, este efeito ocorre devido a um aumento da potência de curto-circuito. Em diversos casos simulados, além da sobretensão, a geração contribui positivamente reduzindo a severidade de afundamentos de tensão, com destaque para as minigerações de fonte hidráulica que se sobressaem de outras fontes de geração, devido às características inerentes da máquina síncrona, por esta ser modelada para ser uma fonte de tensão constante seguida de uma impedância para análise de curto-circuito, desta forma quando submetida a uma transitoriedade busca manter a tensão constante, mostrando as mínimas quedas de tensões.

Segundo Vicentini et al. (2013), existe uma complexibilidade na manutenção dos religamentos automáticos (RA) quando se tem alguma unidade de GD conectada ao sistema, podendo trazer prejuízo e risco de um fechamento sem sincronização entre os geradores atendendo cargas de modo ilhados e a concessionária. Os ilhamentos são circunstâncias em que parte da rede de distribuição possui carga e GD, se mantendo energizada mesmo após a

desconexão por parte da distribuidora. Nesse sentido, as concessionárias de energia elétrica, são categóricas nas exigências de requerimento de estudos criteriosos acerca do comportamento das minigerações hídricas durante o atendimento de suas cargas. Os ilhamentos podem ser intencionais, quando há planejamento baseado em estudos para a garantia da qualidade de energia suprida aos consumidores pela GD, ou não intencional, quando sua ocorrência advém das faltas que causam a abertura dos disjuntores das concessionárias. Nos casos em que há equilíbrio entre geração e carga no momento de indisponibilidade da alimentação principal, também pode ocorrer ilhamentos não intencionais devido às falhas de atuação da proteção do acessante para faltas na concessionária, ou em caso de falsos acionamentos da proteção (*trip* acidentais), quando a desconexão da distribuição não é ocasionada por falhas elétricas (IEEE, 2003).

Para Kundur (1994), a capacidade do SEP em manter-se sincronizado e equilibrando os torques nas máquinas síncronas, após uma perturbação de grande magnitude, é denominada de Estabilidade Transitória angular, onde as excursões dos ângulos dos rotores de geradores são consideravelmente influenciados pelo sistema em que está conectado. Tais perturbações podem ser derivadas de curto-circuitos com ou sem fuga de linhas de transmissão, entrada ou perda de boa parte da geração, bem como o ganho ou perda de uma grande carga. Uma consequência das oscilações transitórias após uma perturbação, é a variação da frequência, no caso de perda de geração poderá haver queda na frequência do sistema, onde para corrigir a frequência, que deve operar na faixa entre 59,9 Hz e 60,1 Hz, é necessário realizar corte de carga.

O ERAC (Esquema Regional de Alívio de Carga) - competência do Operador Nacional do Sistema (ONS, 2021), o qual define o processo de rejeição de carga, realiza o corte de carga, obedecendo a estágios seletivos de corte. O sistema ERAC em suma, desliga uma parte da carga, decorrente da subfrequência no sistema, observando os estágios pré-determinados de corte, a fim de minimizar os impactos advindos da perturbação, e assegurando um novo ponto de equilíbrio entre carga e geração. À medida que cresce o número de acessantes, aumenta também a relevância da geração distribuída para a manutenção da estabilidade do sistema e restabelecimento dos níveis adequados de frequência no momento de perturbações elevadas. Pois, caso as unidades de GD sejam desconectadas durante instabilidades de frequência sistêmicas, o desequilíbrio entre a carga e a geração a ser restabelecida será bem maior, originando um risco maior de haver blecautes no sistema.

A conexão de um minigerador utilizando uma conexão em alta tensão (AT) é a que propicia maior segurança e confiabilidade para o sistema. Segundo Vicentini et al. (2013), esta alternativa não afeta os demais alimentadores e linhas da concessionária, tendo a vantagem de possuir proteção dedicada. No entanto, seus altos custos só tornam esta opção justificável para empreendimentos de maior escala. Em contrapartida, conexões de GD em derivações de LT em que este se torne uma fonte adicional de corrente afeta negativamente a manutenção, operação, despacho, desligamentos e esforços mecânicos sobre a máquina síncrona, sendo aceitas apenas em último caso. Também podem ocorrer com a construção de subestação exclusiva para geração, onde as conexões se deem em níveis de tensão acima de 69 kV, ou quando mais geradores designam de rede compartilhada para conexão em um ponto comum do sistema de distribuição. Para estas conexões é necessário que a concessionária realize um estudo de estabilidade eletromecânica (ONS, 2021).

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST (ANEEL, 2016) apontam que a tensão de conexão de Minigeradores em AT são permitidas entre as concessionárias para gerações acima de 2,5 MW de potência. Abaixo desta potência, serão permitidas conexões em AT com justificativas técnicas, geralmente que apresentem sobretensão ou outras perturbações no SEP, ou justificadas pela REN 1059 (ANEEL, 2023) que apresentem fluxo inverso no disjuntor do alimentador e/ou transformador da subestação.

Quanto as concessionárias, conforme Vicentini et al. (2013), de forma geral todas exigem que as conexões de geração em AT possuam disjuntor na conexão, não permitindo conexões em derivações de LT, com exceção da COPEL. Na MT, embora a conexão de transformador de acoplamento Estrela aterrada (concessionária) – Delta (acessante) seja comum na Europa e América do norte na maioria das conexões de GD, esta ocorre somente na CEMIG, apenas a Cemig elegeu essa conexão, normalmente se opta pela conexão em Delta (concessionária) – Estrela aterrada (acessante). Uma possível justificativa seria o baixo nível de curto-circuito fase-terra, podendo afetar a sensibilização das proteções da concessionária pela divisão de corrente de sequência zero.

Quanto à proteção, uma avaliação das três principais concessionárias frente à geração distribuída aponta diferenças em suas funções de proteção (ANSI), uma avaliação das normas da CEMIG, CPFL e CELESC apontam a instalação de disjuntor MT no ponto de conexão acionados por relé secundário, utilizando transformadores de corrente e de potencial

(TCs e TPs) para abertura do disjuntor, onde a CELESC solicita o disjuntor MT apenas para conexões de geração acima de 300 kW, enquanto a CEMIG e CPFL acima de 75 kW.

A concessionária CEMIG solicita, através de suas normas “Modelo de Estudo – Coordenograma Geração Distribuída” (CEMIG, 2023) e “Requisitos Para a Conexão de Consumidores ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Alta Tensão” (CEMIG, 2022), que o relé secundário possua as funções ANSI 21, 21N, 67, 67N, 25, 81, 27, 59, 59N e 50D para conexões de Minigerações Hidráulicas conectadas na AT, e as funções ANSI 50, 51, 50N, 51N, 51G, 32, 67, 67N e 51V para conexões de Minigerações Hidráulicas conectadas na MT, sendo a função 51V exclusiva apenas às conexões de geração com potência acima de 300 kW. Para Minigerações Hidráulicas que porventura utilize retificadores e inversores, as funções ANSI 25, 27, 59, 81 U/O e 51 se tornam facultativas ao disjuntor MT, atuando somente nos inversores. O uso de Religamento Automático é avaliado caso a caso.

A concessionária CPFL, onde inclui-se a CPFL Paulista, CPFL Piratininga, CPFL Santa Cruz, Jaguari, Mococa, Leste Paulista, Santa Cruz, Sul Paulista, RGE e CPFL Transmissão, através do documento “Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica”, ou “GED 15303” (CPFL 2023), solicita que sejam utilizadas as funções ANSI 27, 59, 81 U/O/R, 46, 47, 67, 25, 50, 51, 50N, 51N, 51G, 59N, 32 e 78 para Minigerações Hidráulicas. Ainda, a geração deverá garantir que o desligamento ocorra em tempo menor que o Religamento Automático utilizado nas redes da CPFL, este tempo é definido no Acordo Operativo, a instalação não deve possuir Religamento Automático. A função ANSI 46 é facultativa para gerações de até 500 kW, e geradores hidráulicos que utilizem retificadores e inversores tem as funções ANSI 78 e 81 R facultada aos inversores.

E por fim, a concessionária CELESC apresenta uma particularidade na exigência de disjuntor MT para proteção de minigeradores, onde este é solicitado apenas para Minigeradores com potência nominal acima de 300 kW, a norma técnica onde se encontram os requisitos de conexão de Minigeração Distribuída é o de código “I-432.0004”, “Requisitos para a Conexão de Micro ou Minigeradores de Energia ao Sistema Elétrico da CELESC distribuição (Celesc 2020). As funções exigidas no relé para Minigeradores Hidráulicos são as ANSI 27, 59, 59N, 81 U/O/R, 50, 51, 50N, 51N, 25, 78, 67 e 32, onde as funções 27, 59 e 81 U/O devem atuar em 2 estágios. Para Minigeradores Hidráulicos até 300 kW poderá ser utilizado relé conectado diretamente à rede de baixa tensão (BT), atuando diretamente no gerador. Não é permitida em nenhuma conexão a função de Religamento Automático. Caso

o Gerador Hidráulico utilize retificador e inversor, as funções ANSI 27, 59, 59N, 81U, 81O, 81R, 25, 78, 67 e 32 poderão atuar exclusivamente no inversor.

5. CONCLUSÃO

Quanto à proteção, possíveis mudanças nos ajustes permitidos e apurados sem prévio consentimento da distribuidora, traz insegurança para operação do sistema, sobretudo nos pontos de conexão fora da subestação da concessionária. Assim sendo, diversas medidas têm sido utilizadas a fim de se garantir a inviolabilidade dos dispositivos de proteção; portanto, para que seja assegurada a manutenção dos ajustes de proteção, recomenda-se a realização periódica de fiscalização pelas concessionárias. Do mesmo modo, a manutenção e integridade dos equipamentos de proteção, também são de extrema importância, pois disjuntores, relés e bancos de baterias que alimentam o circuito de corrente contínua do acessante, estão constantemente sujeitos a problemas causadores de falhas prejudiciais ao sistema, necessitando analogamente além de monitoramento em tempo real, também fiscalização das distribuidoras, para que seja efetiva a sua plena funcionalidade.

A formação de ilhamentos não-intencionais originam problemas de qualidade de energia incompatíveis com os padrões exigidos pelas distribuidoras, além da redução dos níveis de curto-circuito, descoordenando as proteções nas regiões ilhadas e com risco de vida durante as manutenções, por ocasião de regiões energizadas e não previstas. Além disso, eles interferem no reabastecimento da rede, ocasionando novos desarmes e danos aos equipamentos da concessionária ou do acessante, caso haja religamentos não sincronizados. Já no que diz respeito a resposta do sistema para perturbações de grande magnitude, compreende maiores variações dos ângulos dos rotores dos geradores, fluxos de potência, tensões de barra dentre outras variáveis. A estabilidade é afetada pela não linearidade das potências elétricas dos sistemas de potência, já as perdas de sincronismo devido à instabilidade transitória angular estudado por Kundur, será percebida em geral, nos primeiros segundos do início da perturbação. As proteções são discutidas continuamente no setor elétrico, onde dois objetivos são considerados, onde a busca por redução da sensibilidade dos ajustes de proteção busca evitar que ocorra a desconexão de geradores distribuídos durante contingências - melhoria da segurança sistêmica, enquanto na distribuição se busca o oposto, aumentando a sensibilidade da proteção a fim de garantir a desconexão de geradores distribuídos durante ilhamentos - melhoria da segurança a pessoas e equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. PRODIST. Módulo 3 – **Acesso ao Sistema de Distribuição**. Revisão 6 de 01 de março de 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=82>> Acesso em: 27 set. 2023.

ANEEL. **Resolução Normativa n 1.000/2021**. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. Brasília: ANEEL, 2021. Disponível em: <www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 29 set. 2023.

ANEEL. **Resolução Normativa n 1.059/2023**. Ret - Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília: ANEEL, 2023. Disponível em: <https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-normativa-1059-2023_447271.html>. Acesso em: 29 out. 2023.

ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)**, 2023. Disponível em: <<https://dadosabertos.aneel.gov.br>>. Acesso em: 25 set. 2023.

ANSI. "**ANSI Standard Device Numbers & Common Acronyms**" ("Números de dispositivos padrão ANSI e siglas comuns"). Disponível em: <<https://www.gegridolutions.com/multilin/notes/ref/ansi.pdf>> Acesso em: 29 out. 2023.

BLACKBURN, J. Lewis. "**Protective Relaying, Principles and Practices**" ("Relés de Proteção, Princípios e Práticas"). Copyright 1987 by Marcel Dekker, Inc.

BRASIL. **Lei Nº 9.074**, de 07 de julho de 1995 e alterações posteriores. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 28 set. 2023.

EPE. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2022**: Ano base 2021, 2022. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2022>>. Acesso em: 25 set. 2023.

FAMECOS. **Energia Eólica é Opção para Geração Distribuída**. 2013. PUC de Rio Grande do Sul. Disponível em:<<http://eusoufamecos.net/editorialj/eolica>>. Acesso em: 01 out. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers. Std 1547-2003: "**IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems**" ("**Padrão IEEE para Interconexão de Recursos Distribuídos com Sistemas de Energia Elétrica**"). 2003. Disponível em: <ieeexplore.ieee.org>. Acesso em: 29 set. 2023.

INEE. **O que é Geração Distribuída?** Acesso em 23 de setembro de 2023, em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp?Cat=gd> Acesso em: 29 set. 2023.

KUNDUR, P. (1994) "**Power System Stability and Control**" ("**Estabilidade e Controle do Sistema de Energia**"), Electric Power Research Institute, Power System Engineering Series, McGraw-Hill, 1994. 1176 p.

MOZINA Charles J. "**Interconnect Protection of Dispersed Generators**" ("**Proteção de interconexão de geradores dispersados**"). Proceedings of the Georgia Tech Relay Conference, Mai. 1999.

Norma Técnica. **MODELO DE ESTUDO COORDENOGRAMA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**, de Maio de 2023. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2023/05/CARTILHA-TECNICA-MODELO-DE-ESTUDO-COORDENOGRAMA-GD.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

Norma Técnica. **Requisitos Para a Conexão de Consumidores ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Alta Tensão**, de Julho de 2022. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2022/03/nd_5_33_000001p.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2023.

Norma Técnica. **Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica**, de 30 de Junho de 2023. Disponível em: <<https://sites.cpfli.com.br/documentos-tecnicos/GED-15303.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

Norma Técnica. **REQUISITOS PARA A CONEXÃO DE MICRO OU MINIGERADORES DE ENERGIA AO SISTEMA ELÉTRICO DA CELESC DISTRIBUIÇÃO**, de 14 de Agosto de 2020. Disponível em: <<https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/conexao-centrais-geradoras/conexao-micro-mini-geradores-out2020.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

ONS, Procedimentos de Rede, 2021. **Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos**. 2021. Disponível em: <www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acesso em: 04 Nov. 2023.

PESSOA, Lúcia da Silva. **Impactos Provocados pelos Afundamentos de Tensão em Redes Elétricas com Geração Distribuída**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Ago. 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Estrutura do Projeto de Pesquisa. In: PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. p. 119-141.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Bases Teóricas- Metodológicas da Pesquisa Qualitativa em Ciências Sociais**. Idéias Gerais Para a Elaboração de um Projeto de Pesquisa. Caderno de Pesquisa Ritter dos Reis. Vol IV. Nov. 2001. 2ª Ed. Porto Alegre. Faculdades Integradas Ritter dos Reis. 2001

VICENTINI, E.; AOKI, A. R.; LUIZ, C. M.; Márcio Eli; Raisa Dias Barbosa ; M. NETO, T. V. ; GAMA, P. H. R. P. . **Comparação dos Requisitos das Distribuidoras para Inserção de Acessantes de Geração Distribuída**. 2013. (Brochura Técnica).