

ANÁLISE DOS EFEITOS PROPORCIONADOS PELA TRANSFORMAÇÃO DE UMA REDE CONVENCIONAL EM SMART GRID: ESTUDO DE CASO EM UMA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA DO RIO GRANDE DO SUL

Fábio Antonio Sartori Piran¹
Antonio Marcos Frantz Paniz²

Data de recebimento: 29/03/2020

Data de aceite: 02/12/2020

Resumo

Neste artigo é abordado o conceito de Redes Inteligentes de energia ou como são denominadas - *Smart Grids*. Algo que no Brasil encontra-se em estágio embrionário e despontando como conceito inovador para redes de distribuição de energia elétrica, que não apenas conduzem a eletricidade, mas que também podem oferecer aos clientes e concessionárias de energia elétrica, uma gama de novos benefícios. Em países como: Alemanha; Estados Unidos; Finlândia; França; Índia; Itália; Reino Unido já é uma realidade há alguns anos e em diferentes estágios de aplicação. Buscando contribuir neste contexto, o objetivo do artigo é analisar os efeitos proporcionados pela transformação de uma rede convencional de energia elétrica em uma rede do tipo *smart grid*, considerando o cenário que atualmente encontram-se as redes de energia e demais instalações elétricas que compreendem o parque de atendimento da concessionária estudada. Para cumprir o objetivo proposto foi realizado um estudo de caso em uma concessionária de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul que está iniciando o processo de transformação de suas redes convencionais para as redes do tipo *Smart Grids*. Dentre os principais resultados pode-se perceber que o processo para esta transformação além de longo, envolve diretamente diversas áreas de conhecimento que de forma interligada resultam na tecnologia *Smart Grid*. Também observou-se que se trata de um trabalho que envolve valores expressivos além do longo tempo para total adequação das instalações.

Palavras-chave: Redes Inteligentes; *Smart Grids*; Distribuidora de Energia Elétrica; Eletricidade; Inovação.

ANALYSIS OF THE EFFECTS PROVIDED BY THE TRANSFORMATION OF A CONVENTIONAL NETWORK IN SMART GRID: CASE STUDY IN A POWER CONCESSIONAIRE IN RIO GRANDE DO SUL

¹ Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Feevale. E-mail: fabiosartoripiran@gmail.com

² Especialista em Estratégia e Inovação Empresarial. Universidade Feevale. E-mail: antonio.paniz@gmail.com

Abstract

This article examines the concept of Intelligent Energy Networks - Smart Grids. In Brazil, this concept is still in its embryonic emerging stage as an innovative concept for electricity distribution networks, which not only conduct electricity, but can also offer customers and electric utilities a wide range of new benefits. In countries such as Germany, China, the United States, Finland, France, India, Italy and in the United Kingdom, Smart Grids have been a reality for a few years already at different stages of use. To contribute in this context, the objective of this article is to analyze the effects provided by the transformation of a conventional power grid into a Smart Grid type, considering the current scenario of electric power grids that comprise the electrical installations and service areas provided by the electric utility studied in this article. In order to achieve the proposed objective, a case study was carried out in an electric utility in the state of Rio Grande do Sul, which is currently beginning the process of transforming from its conventional networks to the Smart Grids type networks. Among the main results observed in this study, it can be pointed out that the process for this transformation demands a long-term operation as well as the direct involvement of several interlinked areas of knowledge that result in the Smart Grid technology. It was also observed that this process implies significant costs as well as a long period of time required for the total adequacy of the installations.

Keywords: Intelligent Networks; Smart Grids; Electricity Distribution; Electricity; Innovation.

Introdução

De acordo com relatório das Nações Unidas (2012) estimasse que 1 bilhão e meio de pessoas não possui acesso à eletricidade e cerca de 3 bilhões e meio utilizam combustíveis tais como madeira ou carvão para cozinhar e se aquecer. A eletricidade é fonte de abundância e desenvolvimento humano em todos os aspectos, pois com ela pode-se resolver o problema de escassez da água e ajuda a resolver diversos problemas atuais na área da saúde. Note-se que a eletricidade traz a luz que possibilita o acesso à educação que por consequência reduz a pobreza. O Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas ressalta que nenhuma das Metas de Desenvolvimento do Milênio, que tem por prioridade a redução em 50% da pobreza, será possível se não ocorrerem significativas melhorias nos serviços de eletricidade nos países em desenvolvimento (DIAMANDIS, KOTLER, 2012).

Em nenhum outro momento da história, a sociedade humana esteve tão dependente dos serviços de energia elétrica. Rodeados por equipamentos e dispositivos elétricos, que servem para tornar a vida de todos mais prática e confortável. Todavia, quando o fornecimento de energia elétrica é cessado por algum motivo, todos os processos dos centros urbanos são interrompidos causando transtornos, aflições e prejuízos. Os custos desta interrupção de energia estão muito além dos valores financeiros de quem deixa de produzir e de quem deixa de comprar, pois é toda uma cadeia produtiva que sofre com a falta de energia elétrica (SIIRTO, OSMO et al., 2015).

Desde a origem da produção e utilização da energia elétrica até os dias atuais, a infraestrutura para a prestação do serviço elétrico pouco se modificou. No entanto, pode-se encarar esta afirmativa como registro histórico do passado, pois desde a última década a concepção da ideia de redes inteligentes de energia, as denominadas *Smart Grids*, tem sido formulada e tornando-se assunto difundido e discutido no setor elétrico mundial. Os países mais desenvolvidos tecnologicamente, como por exemplo: Alemanha; Estados Unidos; França; Finlândia; Itália; Reino Unido; já estão trabalhando com o conceito de *Smart Grids*, pois estas propiciam maior controle do sistema elétrico; a eficiência energética e a inserção de fontes renováveis de energia, o que entra em consonância à ideia da preocupação global com as mudanças climáticas (DUTRA et al. 2013).

Refere-se a uma estrutura complexa que também se apresenta como parte da solução, para adequar o atual sistema elétrico baseado em geração através de combustíveis fósseis - usinas termoeletricas - em outro mais economicamente viável e de acordo com os melhores interesses ambientais. Investir em tecnologias de *Smart Grids* é de suma importância quando se deseja trabalhar para

reduzir os efeitos do aquecimento global. De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), desde a era pré-industrial os gases de efeito estufa são responsáveis por um aumento na temperatura na ordem de 0,8° Celsius (ANTUNES, JESUS, 2018).

Toda nova tecnologia quando disponibilizada ao mercado, é mais dispendiosa, e com o passar do tempo e sua difusão, acaba por tornar-se mais acessível financeiramente. Com as *Smart Grids* não seria diferente. Esse é um fator relevante para as distribuidoras de energia, pois a implantação deste tipo de tecnologia está diretamente ligada ao quanto de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que as empresas estarão dispostas a implementar neste tipo de projeto. São poucas as distribuidoras de energia que se ocupam de todo conceito das *Smart Grids*, pois a maioria delas está concentrando esforços no estudo das tele medições ou o controle de consumo para clientes do Grupo A (DUTRA et al. 2013). Como exemplo de quanto se faz necessário investir em um *up grade* tecnológico desta dimensão, o Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica (EPRI), contabilizou que para transformar a rede convencional atual dos Estados Unidos para uma *Smart Grid*, seria necessário um investimento na ordem de US\$ 338 a US\$ 476 bilhões, onde o investimento anual é na ordem de US\$ 17 a US\$ 24 bilhões por ano no período de 20 anos (ANTUNES, JESUS, 2018).

No caso específico de Helsinque - capital da Finlândia - a forma que foi calculada os benefícios obtidos com a *Smart Grid*, está relacionada entre os incentivos regulatórios por parte do governo e na gestão dos ativos de toda estrutura inteligente. O que anteriormente estava apenas no âmbito da rede de transmissão e subestação primária, atualmente representa a cobertura de 100% dos medidores do tipo inteligentes. Desta maneira possibilitando o monitoramento e controle de toda grade da rede inteligente. Para tanto, foi necessário um planejamento estratégico e métodos para garantir a confiabilidade, tudo depois de realizadas pesquisas do ambiente operacional. O resultante destas pesquisas e planejamento nos direciona para planos alternativos com o foco em melhorar a confiabilidade das redes de distribuição de energia. Podemos citar algumas destas ações como, por exemplo: transferência das linhas aéreas para as estradas; a substituição de cabos nus por do tipo coberto; a substituição de rede aérea para redes do tipo subterrânea; inserção de religadores automáticos de circuito e subestações primárias com compensação de correntes de falta à terra (bobina de Petersen). Em tempo, somente com as ações de utilizar-se de cabos subterrâneos e de linhas aéreas isoladas, pode-se observar expressiva redução na taxa de falhas em condutores. De acordo com estatísticas coletadas de diversas fontes interacionais, a taxa de falhas de uma rede aérea e nua está entre três e cinco vezes maiores do que em comparação a uma rede do tipo subterrânea ou isolada. Estas ações proporcionam a confiabilidade que o sistema necessita, desta forma reduzindo a frequência de interrupções e, por conseguinte reduzindo o tempo de reparo frente à extensão da interrupção (SIIRTO, OSMO et al., 2015).

Para se fazer possível a implantação das *Smart Grids* no Brasil, serão necessários volumes expressivos de investimentos. Sendo que se estes forem concentrados no tempo correto, poderão aperfeiçoar o desenvolvimento de tecnologias e permitindo encadeamentos produtivos e tecnológicos significativos (ESPOSITO, RIVERA, TEIXEIRA, 2013). Sabe-se que as atuais redes de energia elétrica do Brasil não são adequadas para atender em futuro próximo a demanda que o sistema vai exigir devido às necessidades emergentes, tais como: inclusão de fontes renováveis; sistemas de controle de demanda em tempo real; e não esquecer a mobilidade elétrica que inclui principalmente os veículos elétricos; da geração distribuída ou micro geração solar (DANTAS et al., 2018).

Esse último aspecto citado que tange sobre a geração distribuída baseada em fontes renováveis, neste caso específico à energia solar, trata do impacto nas redes de energia existentes, pois resulta em fluxos de energia bidirecional e isso impõe novos desafios técnicos para que estas instalações comportem esta nova demanda. No Brasil os veículos elétricos não são uma realidade tão presente, mas a tendência futura é que este mercado se expanda e desta forma mais desafios técnicos surgirão para se atender a esta necessidade tecnológica. Destarte, uma rede inteligente - *Smart Grid* - exigirá mais dispositivos de controle e automação onde se inclui a implantação de sistemas de medição inteligentes - *Smart Meters* - nas instalações dos clientes. Ainda em tempo, esse emergente desafio tecnológico, onde os consumidores terão papel fundamental, precisa estar apoiado por políticas adequadas, as quais promovam investimentos em inovações tecnológicas nas redes de energia (DANTAS et al., 2018).

Mas por onde se começa a implantação de um sistema de redes do tipo *Smart Grid*? A resposta objetiva a esta pergunta é: pelo Medidor Inteligente ou *Smart Meter*. Este tipo de equipamento é diferente do modelo convencional, atualmente utilizado em larga escala, pois não apenas reporta a energia consumida, mas ao mesmo tempo comunica as distribuidoras de energia em tempo real destas informações assim como aos próprios clientes. Desta forma, proporcionando a opção de ações direcionadas, pois trabalha com dados específicos de cada cliente. Um exemplo prático disto é a sugestão de controle do

termostato do sistema de temperatura da residência dependendo o horário do dia ou da noite. Apenas 1°C ajustado já pode trazer redução no consumo de energia elétrica de uma residência. Nesta linha de raciocínio, os governos já engajados nesta filosofia *Smart Grid* estão investindo nestes dispositivos de medição inteligente com foco na redução e uso consciente da energia elétrica. Em tempo, é de conhecimento que o consumo de energia residencial é de característica multidimensional inserido em contexto social, cultural de cada país e de infraestrutura das redes de energia. Sendo assim, pode-se esperar que a participação de cada indivíduo e o resultado esperado seja complexa (MOGLES, 2017).

Diante do contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é analisar os efeitos proporcionados pela transformação de uma rede convencional em *smart grid*. Destarte, para alcançar o objetivo geral, foram traçados alguns objetivos específicos que são os seguintes:

- i) O que são as *Smart Grids* e de que forma pode-se compreender sua abrangência;
- ii) Como transformar uma rede convencional em uma *Smart Grid*;
- iii) Quais são os benefícios para clientes e distribuidoras de uma rede deste tipo.

Referencial Teórico

Smart Grids - Redes inteligentes

Imaginar um tipo de rede elétrica totalmente diferente da que se dispõem atualmente onde o fluxo desde a geração até cliente final é em sentido único. Uma estrutura robusta e inteligente que consiga se autoanalisar e gerir de forma que a energia gerada seja monitorada até o consumidor final, este é o anseio dos profissionais da área elétrica. Em comparação, a única rede que atende a esta descrição é a internet, onde seus utilizadores acessam e se retiraram a todo o momento, incluído informação ou coletando dados. De maneira semelhante, a rede elétrica ideal será aquela que qualquer um possa se conectar para consumir energia assim como para injetar energia na rede, seja proveniente da geração através de painéis solares - Geração Distribuída - ou através do seu veículo elétrico (DIAMANDIS, KOTLER, 2012).

O que compreende uma rede *Smart Grid*, está muito além da qualidade dos materiais utilizados em sua construção, pois são diversas as áreas necessárias para compô-la, tais como: software, telecomunicações, segurança, automação de rede, além de dispositivos avançados para a micro geração, automação residencial, iluminação eficiente e armazenamento. Pode-se entendê-la como uma espécie de organismo não orgânico, que faz sua autoanálise para chegar a um diagnóstico e desta forma, tomar decisões baseadas em lógicas de algoritmos. Além de que, uma *Smart Grid* é grande fonte de informações que poderão ser analisadas e utilizadas para diversas finalidades, sendo uma das principais a utilização racional e consciente da energia elétrica (ESPOSITO, RIVERA, TEIXEIRA, 2013).

Pode-se ventilar a ideia que se trata de uma aplicação da tecnologia da informação para o sistema elétrico de potência em conjunto com os sistemas de comunicação e infraestrutura de rede automatizada. Em tempo, também se define como um tipo de rede que pode ser controlada e gerida pela tecnologia digital da comunicação, da medição, e do monitoramento que culmina para a oferta de novos serviços aos clientes e melhora na prestação de serviços para os mesmos. (FIGUEIRÓ, 2013).

A rede convencional atualmente utilizada em larga escala é de natureza muito simples, pois tem estrutura de fluxo de energia unidirecional; seus medidores são apenas registradores onde é apenas medida a quantidade de energia que o cliente consome da concessionária de energia. O caminho é de mão única entre geradores e consumidores. Trata-se de um diagrama não flexível que impossibilita que a rede reaja a falhas intermitentes e consiga aproveitar todas as suas possibilidades como, por exemplo, gerir e direcionar um excedente de energia entre setores. Destarte, é imprescindível que a participação dos medidores inteligentes - *Smart Meters* - para que utilizando-se desta possibilidade de troca de informações com a comunicação bidirecional em favor de toda *Smart Grid*, pois haverá benefícios tanto ao lidar com falhas quanto ao fazer uso das circunstâncias favoráveis (AVANCINI et al., 2019).

Pode-se facilmente discernir visualmente entre um medidor eletromecânico e um medidor inteligente ou *Smart Meter*, pois todo medidor inteligente é eletrônico com display de cristal líquido. Enquanto os medidores eletromecânicos são compostos por dispositivos mecânicos e display ciclométrico, em tempo que sua função é tão somente registrar o consumo de energia elétrica e para se obter o registro do consumo, se faz necessário deslocar-se até o local onde o mesmo encontra-se instalado. Entretanto nem todo medidor eletrônico é um medidor inteligente. Os *smart meters* são equipamentos dotados de sistema de comunicação e informática integrados, de forma que faz-se possível extrair informações acerca de consumo e utilização da energia por parte dos clientes em tempo real. Tais informações também podem ser fornecidas e analisadas pelos próprios clientes (RIGODANZO, 2015).

Atualmente toda recomposição do fornecimento de energia em casos de algum tipo de defeito é realizado de forma manual, ou seja, através da intervenção de equipes percorrendo todas as instalações nas vias urbanas e rurais, com o intuito de localizar o defeito; seccioná-lo da rede; recompor a rede restante para após atuar na manutenção da mesma. E todo este processo pode levar bastante tempo e deslocamento de efetivo. Nas *Smart Grids* existe um conceito inovador denominado de *Self-Healing*, ou, auto recomposição, onde o próprio sistema identifica o motivo e localização do defeito e toma as providências para isolar e recompor o fornecimento de energia às áreas que podem ser reenergizadas, apenas deixando para as equipes de eletricitas e técnicos a manutenção em loco do defeito que originou o a interrupção de energia elétrica. (DUTRA et al. 2013).

O *Self-Healing* permite que as *Smart Grids* tenham capacidade de restauração autônoma e de modo eficiente, o que permite redução no tempo da falta de energia, para a maioria dos consumidores. Esta ação é na sua essência a forma de identificar a melhor solução, dentro das possibilidades exequíveis que o sistema dispõe para se reconfigurar e recompor a rede. As *Smart Grids* possibilitam a gestão em tempo real do sistema elétrico o que possibilita aperfeiçoar os fluxos de energia. Atualmente, em decorrência do aumento da demanda por eletricidade devido ao crescimento populacional; da indústria e comércio; da utilização dos veículos elétricos; e também por conta da introdução das energias renováveis é indispensável o controle eficaz das redes para o desenvolvimento sustentável inclusive das cidades. A resposta a estes desafios está no tratamento das informações oriundas das *Smart Grids*, referente à transmissão e comportamento de energia elétrica (MIRANDA, 2017).

As redes *Smart Grids* estão em estágio de evolução que os autores denominam como embrionário, onde a comparação mais adequada é a internet em seus primórdios na década de 1980. Este é um cenário adequado para uma cadeia de interessados tais como: empresas, concessionárias de energia, fornecedores de tecnologia, governos, consumidores, onde será promovido o desenvolvimento de novas capacitações na chamada “economia sustentável”. Uma informação relevante deste contexto é o fato de que países da Europa, Estados Unidos e Japão, possuem planos de concluir no período de 2022 até 2030, a substituição de seus atuais medidores de energia elétrica, por equipamentos do tipo inteligentes - *Smart Meters* -, que associados às redes *Smart Grids* serão fonte de muita informação útil para análise e futura aplicação (ESPOSITO, RIVERA, TEIXEIRA, 2013).

Vem corroborar com ideia de que as *Smart Grids* são um exemplo de nova tecnologia, a qual vem ao encontro das pessoas que atualmente estão engajadas com o discurso e ações voltadas para a sustentabilidade. Além disso, com as *Smart Grids* estas novas tecnologias estarão agregando soluções importantes com o intuito de não agredir o meio ambiente ou minimizar ao máximo os impactos gerados pela extração dos seus recursos (FRACARI, 2015).

Pode-se afirmar que investimento em redes inteligentes se traduz na agregação de tecnologia de última geração e modernas linhas de comunicação de dados em relação às redes elétricas convencionais. Em tempo, os desafios e benefícios são exponenciais uma vez que este tipo de tecnologia permeia diversas áreas tais como a ambiental, a econômica, a regulatória e a de segurança. A demais, são redes que flexibilizam a prestação de serviços enquanto que expandem a qualidade e oportunizam a necessidade de custo significativamente competitivo. As *Smart Grids* concatenam a interação de vários segmentos do sistema elétrico, desde as residências que possuam eletrodomésticos inteligentes que contribuam com seus usuários na melhor utilização da energia. E suas respectivas distribuidoras de energia que tem o compromisso de operar o sistema de forma a gerir o carregamento dos circuitos e manter comunicação em tempo real com seus clientes através das medições inteligentes (GARCIA, 2012).

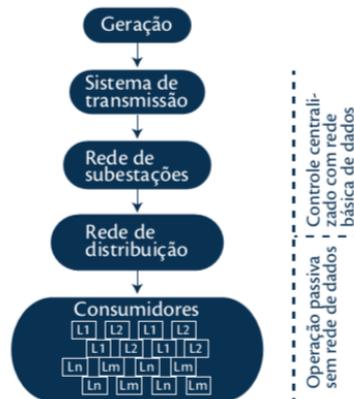
Transformando uma Rede Convencional em Smart Grid

A empresa Manhattan Pearl Street Station, localizada em Nova York e de propriedade de Thomas Alva Edison, foi o primeiro sistema elétrico que a história tem registro e começou sua operação no ano de 1882. A estrutura básica deste sistema consistia em uma micro rede onde havia um gerador movido a carvão que fornecia 100 v de tensão elétrica e entregava energia elétrica para uma centena de lâmpadas. Nos primórdios, as redes elétricas e suas fontes geradoras eram muito próximas e localizadas, inclusive de seus usuários finais. Ao passar do tempo, com o aumento da demanda por eletricidade, as redes elétricas pequenas evoluíram para sistemas maiores e interconectados semelhantes ao que se dispõem atualmente, onde diversas usinas de geração; linhas de transmissão e redes de distribuição encontram-se interconectadas (ZAME et al., 2018).

A estrutura básica do modelo convencional de fornecimento de energia elétrica atual segue representada na Figura 1, onde o fluxo de energia é unidirecional desde sua origem na geração até o

destino final junto aos consumidores. Estes por sua vez possuem pouca ou nenhuma participação na operação e eficiência. Na parte da geração que compreende as usinas de energia do tipo hidroelétricas, termoeleétricas e nucleares a maior grau de automação. No que tange a transmissão, existem sistemas de supervisão e contingência avançadas, e por fim, a distribuição, sem automação expressiva (FIGUEIRÓ, 2013).

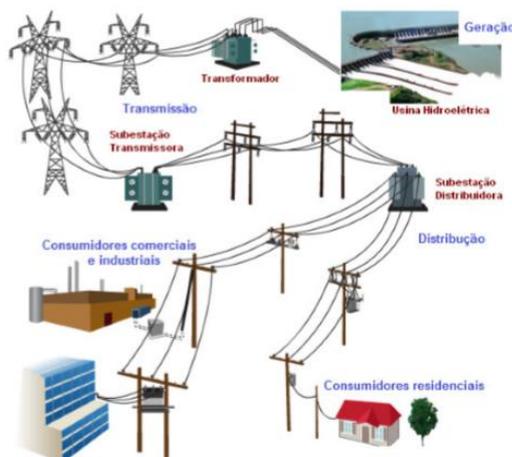
Figura 1: Hierarquia Tradicional do Sistema Elétrico de Potência.



Fonte: adaptado de Figueiró (2013).

Observa-se que a configuração da indústria da energia tem estruturação com demarcações bem distintas entre suas áreas onde a geração, a transmissão, a distribuição até chegar ao consumidor final, está segregada e com níveis de automação diferentes por área. A integração entre estas quatro áreas é básica e unidirecional da geração até o consumidor final. A Figura 2 ilustra a estruturação deste sistema (RIGODANZO, 2015).

Figura 2: Sistema tradicional simplificado: geração, transmissão, distribuição e consumo.



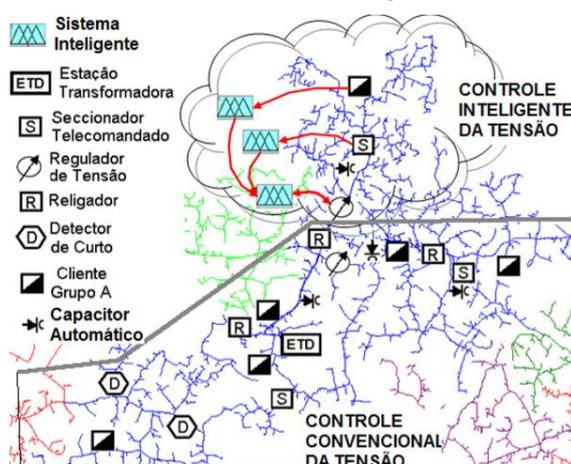
Fonte: adaptado de Rigodanzo (2015).

Estima-se um crescimento no consumo de energia na ordem dos 4% ao ano no que se refere ao Brasil e 2% no mesmo período no mundo. Destarte, as concessionárias de energia necessitam encontrar formas de gerenciar este aumento de demanda sempre tendo em foco a confiabilidade no fornecimento, a segurança na distribuição e a qualidade dos serviços prestados aos seus clientes. A geração de energia por grandes usinas sejam elas hidroelétricas, termoeleétricas ou nucleares continuarão a ser muito importantes para a manutenção do sistema interligado, mas a progressiva inserção de novos elementos geradores trará maior complexidade para o gerenciamento do sistema elétrico. Norteia-se um horizonte onde conceitos inovadores exigem que as redes elétricas tenham uma desenvoltura dinâmica, pois as configurações em tempo real em decorrência de modificações são uma realidade necessária tanto na geração quanto na distribuição. Assim pode-se observar o nascimento de novos conceitos advindos da área da engenharia elétrica e da comunicação que direciona para a automação das subestações e redes de energia (FIGUEIRÓ, 2013).

Em uma rede convencional basicamente todos os equipamentos operam de forma independente uns dos outros, enquanto numa *Smart Grid* ocorre a comunicação em tempo real e permanente entre todos os componentes do sistema. Deve-se isso às novas tendências no que se refere ao tratamento das informações advindas da qualidade da energia fornecida neste tipo de rede e principalmente pela existência de sensores localizados em toda extensão do sistema e que reportam em tempo real informações relevantes ao servidor principal que atua como cérebro de todo sistema. Tal nível de automação configura o emprego de funções avançadas como, por exemplo: identificação do defeito; isolamento e restauração da falta de energia; controle da tensão fornecida; fluxos de potência; reconfiguração do sistema; análise de contingência e previsão de carga (GARCIA, 2012).

Na Figura 3 observa-se um diagrama unifilar dos alimentadores de energia onde existe uma rede convencional e seus equipamentos operando de forma independente uns dos outros. Desta forma, não há troca de informações relevantes entre os componentes do sistema e a maior fonte de informações acerca de qualquer instabilidade do sistema será tão somente os clientes da distribuidora no momento que ocorrer a falta de energia elétrica. Pode-se visualizar no mesmo diagrama da rede de que forma que os mesmos equipamentos estão em constante comunicação com o servidor principal e desta maneira, todo o sistema consegue se autoanalisar e gerir em casos de qualquer tipo de instabilidade ao passo que se autoconfigure caso seja necessário.

Figura 3: Conversão das Redes Convencionais em Redes Inteligentes - *Smart Grids*.



Fonte: adaptado de Garcia (2012).

Observa-se o caso prático na Finlândia, onde a concessionária obteve redução nos custos de indisponibilidade do sistema para seus clientes devido à atuação da rede *Smart Grid*. Com foco na melhoria da confiabilidade a empresa investiu em grande escala em tecnologias avançadas de *Smart Grids*, além utilizar-se de cabeamento subterrâneo e sistema de compensação da corrente de falta a terra com intuito para diminuir o número de interrupções. Estima-se que 11% das subestações secundárias em Helsinque - capital da Finlândia - estão cobertas pela automação de forma que a empresa disponha de ferramentas eficazes para gerenciar as falhas e reduzir o tempo das interrupções. Ressalta-se que a automação da distribuição em si não reduz as falhas que ocorrem no sistema, mas possibilitam a diminuição do tempo de interrupção, pois o sistema vai se auto recompor e isolar a causa do defeito (SIIRTO, OSMO et al., 2015).

Benefícios das Smart Grids

As *Smart Grids* são um novo conceito de sistema elétrico que trás aos distribuidores muitos benefícios. Podem-se listar como principais: a eficiência na operação do sistema; a confiabilidade no fornecimento de energia aos clientes; a otimização dos investimentos; a redução das perdas técnicas e não técnicas com gerenciamento de informações em tempo real (FRACARI, 2015). No que tange a confiabilidade da rede e a sustentabilidade ambiental, as *Smart Grids* possibilitam benefícios em relação ao custo-benefício do fornecimento de energia, pois ao passo que serão necessários menos investimentos em capacidade, transmissão e distribuição fazendo com que ocorra uma limitação no aumento dos preços do kW/h. Em conjunto, os medidores inteligentes - *Smart Meters* - dispensam o custo operacional para execução da leitura mensal para emissão da fatura de energia e também colaboram para a redução do

roubo de energia, pois o medidor em questão reporta à concessionária toda e qualquer alteração na rede elétrica (DE WILDT et al., 2019).

Um dos principais aspectos motivadores para as distribuidoras investirem nas *Smart Grids* está relacionado com a eficiência no seu atendimento para reestabelecer o fornecimento de energia aos seus clientes. Atualmente as distribuidoras dependem do contato dos clientes via *call center*, informando da falta de energia, para que assim o centro de operações da empresa designe uma equipe ao local para identificar a causa da interrupção e desta forma mitigar o problema. Enquanto isso, os Indicadores de Continuidade que o órgão regulador do governo federal - ANEEL - fiscaliza nas distribuidoras, estão sendo prejudicados, e poderá vir tornar-se uma multa expressiva para a distribuidora em questão, se ultrapassar os limites previamente estipulados (DUTRA et al., 2013).

Os clientes das distribuidoras que usufruírem dos benefícios da *Smart Grid* serão diretamente afetados tanto para o bônus quanto para o ônus desta nova proposta de rede de distribuição elétrica. Cita-se essa afirmativa, pois se observa que com este tipo de tecnologia, as distribuidoras vão dispor de maior ganho operacional no que tange a capacidade de respostas mais rápidas e precisas para com todas as demandas de manutenção e recomposição da rede elétrica. Para os clientes os benefícios com as *Smart Grids* estarão diretamente ligados à geração da fatura de energia e possibilidade de visualizar em tempo real os indicadores de qualidade da energia fornecida. Também se fará possível à implantação de novo sistema tarifário que compreenderá diferentes faixas de valores ao longo do dia. O cliente terá a possibilidade de analisar em tempo real a energia que está consumindo e desta forma, planejar sua utilização através dos equipamentos que estiver utilizando (OLIVEIRA, 2012).

Acerca de outros dois fatores que para as distribuidoras são primordiais. O primeiro é referente a possibilidade de manobras remotas onde o próprio sistema vai se gerir, identificando o motivo da falta de energia, isolando o defeito entre chaves de manobra e deixar o mínimo possível de clientes sem energia até que as equipes sejam designadas para executar o serviço de manutenção e reparo na rede elétrica. E o segundo fator discorre acerca da redução dos custos operacionais com mão de obra, pois uma vez que a rede *Smart Grid* pode se autogerir em alguns aspectos, ela estará dispensando um efetivo tão amplo para o seu atendimento. Além da assertividade de informações que todos os dispositivos estarão disponibilizando em tempo real para a base de dados da distribuidora e contribuindo para uma maior eficiência operacional. A satisfação do cliente também é um dos motivadores para a implantação de tipo de tecnologia, pois o acesso às informações personalizadas acerca de consumo de energia elétrica fará com que o cliente desenvolva maior respeito pela sua distribuidora de energia. Ao tempo que a qualidade no atendimento; a identificação de defeitos na rede e a conseqüente agilidade na prestação de serviço, também são fortes justificativas para a adoção deste novo tipo de rede de distribuição de energia elétrica (DUTRA et al., 2013).

A EDF Energy é a empresa concessionária de energia que atende a região de Londres. Foram alcançadas melhorias significativas no que tange a confiabilidade com a automação das redes de distribuição, pois a EDF implementou atuação automatizada dos alimentadores em pontos de manobra normalmente abertos. Com esta adoção, no período de 1998 até 2004 foi possível alcançar a redução em dois terços do tempo que o cliente ficava sem fornecimento de energia. O resultado final para os clientes da EDF Energy foi a possibilidade de restauração do sistema no prazo de três minutos (SIIRTO, OSMO et al., 2015).

A literatura acadêmica aponta para os conflitos de valores que podem ser resolvidos com adoção das *Smart Grids*, tais como confiabilidade e eficiência energética, por um lado do prisma, e sustentabilidade ambiental, por outro ângulo. Este ponto de conflito é fator de motivação para a implantação deste tipo inovador de redes de energia. Ao mesmo tempo em que a convencional confiabilidade e eficiência historicamente foram valores primordiais para o setor elétrico, pois dessa forma pode-se garantir o desenvolvimento econômico e a segurança do fornecimento junto à demanda. A consciência de sustentabilidade tomou vulto em decorrência das preocupações ambientais frente ao esgotamento dos recursos tais como: carvão, gás e petróleo (DE WILDT et al., 2019).

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que é o órgão do governo federal responsável por regular o trabalho das empresas de energia elétrica no Brasil, divulga que o nível médio das perdas elétricas no país está na ordem de 13% da energia total produzida o que representa cerca de R\$ 7 bilhões. De acordo com o diretor da ANEEL, isso representa o que as usinas hidrelétricas Santo Antônio e Jirau, localizadas no Rio Madeira, no estado do Rio de Janeiro, produzem e desta forma é como se estas instalações estivessem produzindo apenas para atender a demanda das perdas elétricas não técnicas. Perdas elétricas não técnicas são aquelas provenientes no furto de energia e na fraude de medidores onde a concessionária não consegue registrar a energia elétrica subtraída do sistema. Em tempo, registra-se que

toda energia elétrica não registrada configura prejuízo para a sociedade como um todo, pois o custo para a compra aumenta os tributos em detrimento da energia furtada que deixa de ser recolhido (SOUZA, 2016).

Método de Pesquisa

Elaborou-se uma pesquisa bibliográfica com o intuito de fazer possível a construção de bases sólidas para a análise e compreensão dos efeitos proporcionados pela transformação de uma rede convencional em *Smart Grid*. A pesquisa bibliográfica compõe-se de um conjunto de procedimentos que tem por finalidade a identificação de informações bibliográficas e seleção dos documentos pertinentes ao objeto que é o foco do estudo que, posteriormente, serão utilizados para elaborar o texto do trabalho acadêmico (MARCONI, LAKATOS, 2009). Ao tempo que o pesquisador vai lendo acerca do assunto que o motivou a realizar esta pesquisa, ele começa a identificar os conceitos que têm entre si relação até o ponto que seja possível formular claramente o problema que irá investigar (STUMPF et al., 2015).

Trata-se de uma pesquisa aplicada e exploratória onde o método de pesquisa escolhido foi o Estudo de Caso de caráter qualitativo. Este método de pesquisa faz parte da estratégia de análise dos acontecimentos contemporâneos, onde não é possível manipular os comportamentos relevantes. Seu diferencial está no fato de lidar com uma ampla variedade de evidências, dentre elas: documentos, artefatos, entrevistas e observações (YIN, 2005).

O questionário foi a ferramenta primordial para a coleta de informações junto a empresa que foi objeto do estudo. Através dele pode-se obter informações essenciais acerca do nível evolutivo das *Smart Grids* dentro da empresa estudada. Formulou-se um questionário composto por 11 questões, as quais estão embasadas na literatura que foi utilizada para a construção deste trabalho. As entrevistas ocorreram com quatro profissionais da concessionária de energia elétrica. Os profissionais escolhidos para a entrevista ocupam cargos em diferentes níveis hierárquicos dentro da empresa, justamente com a intenção de se obter pontos de vista, de ângulos diferentes referentes ao mesmo questionamento. Os profissionais escolhidos para responder as perguntas do questionário ocupam respectivamente os seguintes cargos: gerente de departamento da área operacional; coordenador operacional de uma estação avançada; engenheiro eletricista e técnico operacional da área de subtransmissão.

Resultados

Aos funcionários entrevistados, foram aplicados os questionamentos que seguem na sequência e acompanhados de literatura específica para o embasamento de cada questão.

Como primeiro questionamento, procurou-se entender de que forma está sendo considerada a utilização das *Smart Grids* na concessionária de energia que foi objeto do estudo. De forma unânime foi referido que a concessionária vislumbra a utilização do sistema ADMS (*Advanced Distribution Management System*) ou Sistema Avançado de Gerenciamento de Distribuição que se trata de uma plataforma de funcionalidades onde se possibilita o gerenciamento e monitoramento do sistema elétrico de potência, incluindo conceitos como *self Healing* (auto recomposição), controle VoltVar, análise, otimização e planejamento que se aplicam às redes inteligentes. A previsão de conclusão da implantação do ADMS nas empresas do grupo que administra a concessionária em questão é para o ano de 2023 de forma que vai beneficiar 7,4 milhões de consumidores com um custo estimado de R\$ 47 milhões.

Na segunda pergunta questionou-se a respeito dos recursos necessários a serem investidos que somam valores expressivos e se estavam vinculados à área da Pesquisa e Desenvolvimento. Os entrevistados referiram que a concessionária segue a orientação do órgão regulador - ANEEL - onde se preconiza que a viabilização das *smart grids* se dará pela eficiência operacional das distribuidoras. De tal forma que a implantação é prevista em projeto com investimento próprio das empresas, assim sendo, não serão utilizados recursos de origem da Pesquisa e Desenvolvimento. A concessionária está investindo em digitalização e automação do despacho de todos os serviços para que desta forma a otimização dos recursos sejam ampliados. Atualmente o projeto que está em pleno desenvolvimento diz respeito à uma rede de telecomunicação por radiofrequência denominada de RF Mesh. Esta rede é composta por concentradores de dados, repetidores de radiofrequência e cartões de interface de rede. Neste primeiro momento a rede RF Mesh visa atender os clientes do Grupo A (clientes atendidos em média tensão), mas com planos futuros para estender esta funcionalidade para todos os clientes em baixa tensão.

Como terceira questão procurou-se entender se as redes de energia atuais da concessionária comportam a tecnologia *smart grid*. Atualmente as redes de energia ainda não estão preparadas em sua totalidade estrutural, pois este é uma mudança gradual que envolve planejamento, orçamento, execução e

operacionalização. Entretanto, é um processo de adaptação e transformação das instalações através de investimentos no recondutoramento das redes existentes, bem como na instalação de medidores bidirecionais com funções específicas para tarifação (Tarifa Branca) e para micro e mini geração (Geração Distribuída). De igual forma, está em fase de construção e implantação o sistema de comunicação por rede RF Mesh que está focado inicialmente nos clientes do grupo A, e que posteriormente poderá ser estendido aos demais equipamentos telemedidos e telecomandados. As redes novas que estão sendo construídas já estão sendo feitas pensando nisso, porém as existentes necessitam de adequações estruturais para atuarem corretamente como, por exemplo, redes que são radiais e precisam de outro ponto de interligação para aplicar o conceito de *self Healing*. A concessionária em questão já conta com veículos 100% elétricos em sua frota, e com ponto de recarga específico para estes automóveis.

Na quarta questão perguntou-se sobre a utilização de medidores do tipo *Smart Meters*, se já são uma realidade no parque de medição da empresa. Este tipo de equipamento já está em fase de instalação, mas apenas nos clientes do Grupo A que são aqueles clientes atendidos em média tensão, ou seja, a partir de 13,8kv ou 23kv, tais como empresas, indústrias ou outra unidade consumidora de grande porte. Para os clientes residenciais neste momento não existe definição de prazo para a substituição de todos os medidores convencionais pelo tipo *Smart Meter*.

Questionou-se na quinta pergunta a respeito da previsão de substituição do parque de medidores convencionais para os *Smart Meters*. E qual será o prazo para que isso ocorra. A previsão de substituição dos medidores para clientes do Grupo A é de se concluir até o ano de 2020. E para clientes do Grupo B (residências e pequenos comércios), que são aqueles atendidos em tensão secundária nas redes 380/220v e 220/127v, não existe plano previsto para a substituição massiva do parque de medição.

Na sexta questão perguntou-se a respeito da opinião do entrevistado se a empresa possui estrutura para analisar todos os dados provenientes dos *smart meters*. Atualmente existe um centro de medição do grupo que realiza análises e monitoramento em tempo real dos medidores telemedidos. Entretanto, com a ampliação futura da estrutura *smart grid*, a demanda por análise de dados vai aumentar e desta forma solicitará uma revisão para reestruturação e ampliação da área operacional para gerir todos os dados fornecidos pelos *smart meters*.

Solicitou-se na sétima questão uma explicação a respeito de que forma as *Smart Grids* poderão contribuir para melhorar os indicadores de continuidade da concessionária em questão. Neste caso, a contribuição principal se dará na recomposição automática do sistema através do *Self Healing* (auto recomposição), onde o chaveamento do sistema acontece sem a intervenção do operador e permite que este tempo de recomposição seja muito baixo. Entretanto, inicialmente com a detecção automática da falta de energia através dos medidores espalhados pelo sistema, pode ocorrer uma elevação no indicador, uma vez que alguns minutos podem não estar sendo computados atualmente, pois o tempo da interrupção se considera a partir do primeiro contato realizado com a distribuidora.

Perguntou-se na oitava questão se na empresa o conceito *Self-Healing* (auto recomposição) é utilizado em algum nível atualmente. E qual é a abrangência de *Self-Healing*, que as redes da empresa possuem. Atualmente não existe sistema de *Self-Healing* implantado. No entanto, será possível esta condição com o desenvolvimento do sistema ADMS, que está em desenvolvimento no grupo. Associado a rede de rádio frequência onde haverá a capacidade de vários equipamentos da rede executarem comunicação entre si, desta forma, propiciando a criação de rotas alternativas em caso de falha de um dispositivo e garantindo a operação do sistema.

Questionou-se na nona pergunta onde pode-se encontrar o maior nível de automação do sistema elétrico da concessionária objeto do estudo de caso. Esta resposta foi realmente muito curta e objetiva, pois atualmente maior nível de automação encontra-se nas subestações de energia que são 100% digitalizadas.

Na décima questão perguntou-se a respeito da opinião do entrevistado se o mesmo concorda que os clientes vão desenvolver maior respeito pela distribuidora que utilizar-se da tecnologia *Smart Grid* em suas redes. A este questionamento referiu-se que o resultado mais factível será percebido na pesquisa da Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE), com relação à imagem da distribuidora perante seus clientes. A ABRADEE é uma entidade brasileira sem fins lucrativos que tem por objetivo o desenvolvimento do setor de distribuição de energia elétrica no Brasil. Todos os anos é realizada uma pesquisa junto aos consumidores das empresas de energia a respeito do seu grau de satisfação em relação às suas respectivas concessionárias. Nesta pesquisa são avaliados pelos clientes uma série de aspectos que ao final definem se a concessionária em questão atende aos requisitos para que esta empresa tenha uma boa avaliação no relatório anual da entidade.

Na última questão, perguntou-se a respeito da ocorrência de furto ou desvio de energia configurando fraude. E se na opinião do entrevistado, o mesmo acredita que as *Smart Grids* poderão contribuir para a o combate de tal situação. A resposta unânime a este questionamento foi que com certeza existe furto e desvio de energia na área de concessão desta empresa. E que as *smart grids* poderão contribuir para combater este cenário através do balanço energético de forma mais seletiva, permitindo chegar a níveis de monitoramento por transformador de distribuição, melhorando a assertividade das equipes de recuperação de energia.

Considerações Finais

Neste artigo objetivou-se analisar os efeitos proporcionados pela transformação das redes convencionais de energia em redes do tipo *Smart Grid*. No presente momento, é assunto de raro conhecimento dos clientes das concessionárias de energia e de igual forma, entre a maioria dos profissionais da área elétrica. Através de um estudo de caso, procurou-se colher respostas acerca do estágio evolutivo deste novo conceito tecnológico para redes de energia elétrica, que não apenas conduzem a energia de forma unidirecional de um ponto ao outro, mas que tenham a capacidade de autogerenciamento com o intuito de manter o sistema em funcionamento, com interrupções no menor tempo possível.

Através da revisão bibliográfica, pode-se conhecer que a literatura sobre este assunto no Brasil é escassa, até mesmo porque não existem redes do tipo *Smart Grid* no país. O que se encontra no meio acadêmico são artigos sobre o assunto e poucos livros. E no âmbito prático em campo, podem-se encontrar concessionárias de energia que estão em processo inicial de desenvolvimento da ideia de redes com este tipo de tecnologia. O motivo principal para esta lentidão na transformação se dá especialmente por fator econômico, pois está se falando de investimentos da ordem de vários bilhões de reais para se adequar todo sistema elétrico de uma concessionária.

A concessionária de energia que foi objeto deste estudo de caso, atualmente é propriedade da maior empresa de energia elétrica global com sede na China. Por consequência disso, pode-se esperar que seja disponibilizado o que há de mais moderno dentro do planejamento estratégico da empresa para se colocar em prática as *Smart Grids*. Pôde-se responder ao objetivo específico de como fazer para transformar uma rede convencional em uma rede *Smart Grid*, através de questionário formulado e aplicado a funcionários da concessionária, que elucidou questões específicas sobre a situação atual das redes; projeções futuras de execução; pode-se saber que o processo de implantação está em execução, mas em sua fase inicial. E que o conceito de redes inteligentes de energia em sua íntegra ainda vai demorar para ser posto totalmente em prática.

Acerca do objetivo específico sobre os benefícios disponíveis a clientes e à própria concessionária, de igual forma foi considerado que ambos estarão se beneficiando por toda esta mudança estrutural das redes. O cliente por sua vez, estará recebendo uma eletricidade de qualidade e com maior confiabilidade no fornecimento, pois o sistema atuará de forma automática e mais ágil nas respostas em casos de interrupção da energia por qualquer motivo.

Além da expansão de conhecimento sobre o assunto abordado, este trabalho tem a intenção de contribuir academicamente com o estudo acerca das *Smart Grids*. É através da pesquisa e revisão bibliográfica, que se gera o conhecimento e fomenta desenvolvimento de todas as coisas que servem a sociedade. Em tempo, este artigo consiste em um trabalho desenvolvido e norteado pelo desejo de aprender e entender um novo horizonte que está despontando, em uma área tão nobre e essencial para nossa sociedade. Afinal, pode-se dizer que sem energia elétrica o mundo atual simplesmente não se sustenta.

Finalizando estas linhas de considerações finais, fica o registro da intenção de expandir este estudo para outras concessionárias de energia pelo Brasil, através de novos trabalhos deste gênero. A proposição será identificar entre as demais empresas, quais estão buscando a implantação do sistema *Smart Grid*, e em qual nível evolutivo encontram-se. Somente através do estudo e pesquisa que podemos gerar conhecimento que é o combustível para a evolução e transformação.

Referências

AVANCINI, Danielly B. et al. *Energy Meters Evolution in Smart Grids: A Review*. Journal of Cleaner Production, v. 217, p. 702-715, 2019.

- DANTAS, Guilherme de A. et al. **Public policies for smart grids in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 92, p. 501-512, 2018.
- DE OLIVEIRA-DE JESUS, P. M.; ANTUNES, C. Henggeler. **Economic valuation of smart grid investments on electricity markets. Sustainable Energy, Grids and Networks**, v. 16, p. 70-90, 2018.
- DE WILDT, T. E. et al. **Conflicting values in the smart electricity grid a comprehensive overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 184-196, 2019.
- DIAMANDIS, Peter H.; KOTLER, Steven. **Abundância. O Futuro é Melhor do que Você Imagina**. São Paulo, HSM Editora, 2012.
- DUTRA, Joisa Campanher et al. **Redes Elétricas Inteligentes no Brasil - Subsídios Para Um plano Nacional de Implantação**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Synergia, 2013.
- ESPOSITO, Alexandre Siciliano; RIVERA, Ricardo; TEIXEIRA, Ingrid. **Redes Elétricas Inteligentes (smart grid): Oportunidade para Adensamento Produtivo e Tecnológico Local**. Biblioteca Digital do BNDES. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>. Revista do BNDES 40, dez 2013.
- FIGUEIRÓ, Iuri Castro. **A Tarifa Horária para os Consumidores Residenciais sob Foco das Redes Elétricas Inteligentes - REI**. 127 p., 2013.
- FRACARI, Fabiano. **Smart Grid: Uma Nova Forma de Controle de Energia Elétrica**. Instituto federal de Farroupilha. Revista de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia, 2(1): 15-22, 2015 - ISSN 2359-3539.
- GARCIA, Enoque Dutra. **Previsão de Tensão em Sistemas de Distribuição Considerando as Possibilidades das Redes Inteligentes**. Universidade Federal de Santa Maria. 133p. - 2012.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. 5. ed. rev. ampli. São Paulo: Atlas, 2009. 312 p.
- MIRANDA, Maria Helena Rodrigues Lorga Nunes de. **Operação de Uma Rede de Distribuição Num Contexto Smart Grid**. ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Departamento de Engenharia Eletrotécnica. 2017.
- MOGLES, Nataliya et al. How smart do smart meters need to be? **Building and Environment**, v. 125, p. 439-450, 2017.
- OLIVEIRA, Rafael Délio. **Benefícios e Desafios de Redes Inteligentes**. UNIFACS. Universidade Salvador. Revista Eletrônica de Energia, v. 2, n.1, p. 3-14, jan./dez. 2012.
- RIGODANZO, Jonas. **Instalação de Medidores Inteligentes no Brasil: Uma Análise Econômica**. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. 118p.; 2015.
- SIIRTO, Osmo et al. **Improving Reliability in Urban Network. Electric Power Systems Research**, v. 120, p. 47-55, 2015.
- SOUZA, Matheus Alberto de. **Detecção e Identificação de Perdas Comerciais de Energia Elétrica: Uma abordagem para Smart Grids**. Universidade Federal de Juiz de Fora. 156 f. : il. 2016. STUMPF, Ida Regina C. Pesquisa Bibliográfica. In: DUARTE, Jorge; BARROS, Antonio (org.). **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação**. São Paulo: Atlas, 2005.
- ZAME, Kenneth K. et al. **Smart grid and energy storage: Policy recommendations. Renewable and sustainable energy reviews**, v. 82, p. 1646-1654, 2018.
- YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Tradução de Daniel Grassi. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 200 p.