

A inclusão da tecnologia da Smart Grid para o desenvolvimento do Brasil

The inclusion of Smart Grid technology for Brazil's development

Gabriela Fuzetti Chagas¹
Kelvin Bianchini Cavallari¹
Paula Daiane Lacerda de Souza¹
Rafael de Souza Silva¹
Solito Fernandes da Silva¹
Carolina Iovance Golfieri²
Thiago Santana Aranha³

RESUMO

O conceito da tecnologia *smart grid* consta em quebrar os padrões no setor de energia elétrica arcaico, não apenas no Brasil, mas de forma mundial. Ela objetiva aprimorar a geração, distribuição e o consumo de energia elétrica, tornando visíveis os progressos em qualidade de energia entregue, monitoramento da rede, na gestão de energia, na automação do sistema e no incentivo na utilização de fontes de energia renováveis. Neste trabalho serão apresentados dados tecnológicos, regulatórios, econômicos e financeiros, onde serão de extrema importância na identificação dos benefícios da implantação das redes elétricas inteligentes. Contudo haverá comparativos entre os sistemas convencionais e revolucionários das *smart grids*, com o objetivo de demonstrar que as redes elétricas inteligentes representam para o desenvolvimento do país.

Palavras chave: Consumo, Distribuição, Rede elétrica, Smart grid, Tecnologia.

ABSTRACT

The concept of smart grid technology consists of breaking standards in the archaic electric energy sector, not only in Brazil, but worldwide. It aims to improve the generation, distribution and consumption of electricity, making visible the progress in quality of energy delivered, network monitoring, energy management, system automation and incentives for the use of renewable energy sources. In this work technological, regulatory, economic and financial data will be of extreme importance in identifying the benefits of the implementation of smart electrical networks. However, there will be comparisons between conventional and revolutionary smart grid systems, with the aim of demonstrating what smart electrical networks represent for the country's development.

Keywords: Consumption, Distribution, Electric grid, Smart grid, Technology.

Introdução

A ideia da tecnologia smart grid consiste em quebrar os padrões no setor de energia elétrica ultrapassado, não apenas no Brasil, mas na sua forma mundial. A mesma objetiva aprimorar a geração, transmissão, distribuição e o consumo de energia elétrica, tornando visíveis os progressos da qualidade de energia entregue, monitoramento da rede, na gestão de energia, na automação do sistema e no incentivo da utilização de fontes de energia renováveis, como usinas solares, parque eólicos entre outras.

Através do método das redes inteligentes, possibilita-se uma série de benefícios como, a participação mais ativa dos consumidores, prestações de novos serviços, segurança e disponibilização de informações e maior eficiência energética.

Como todo sistema de energia elétrica apresenta seus entraves sejam elas de origem geradora, transmissora, distribuidora ou consumidora. O consumo irregular acarreta revisões tarifárias, que são cobradas dos consumidores, sejam elas revisadas para maior ou menor valor.

Em síntese a smart grid é possibilitar a participação mais ativa dos consumidores, prestações de novos serviços, gestão e segurança da rede, eficiência no mercado, redução de custos energéticos e/ou operacionais e disponibilização de informações. Para isso precisa-se permitir que a rede possua um fluxo bidirecional de energia, informações e controle, tornando o sistema interoperável.

Rede inteligente de energia elétrica – Smart Grid

Conceito

A energia elétrica é fundamental para a humanidade, e há muitos anos representa um fator de crescimento na ampliação técnica-econômica nos variados países. Redes inteligentes tradução do termo smart grid, onde foi empregado em 2005, após ser usado no artigo dos professores de elétrica e engenheiros da computação Bruce F. Wollenberg e S. M. Amin, onde expuseram uma tecnologia que

causaria mudanças no paradigma do setor elétrico, salientando que a necessidade de tornar o sistema de energia elétrica entregue mais participativo por motivos que diferem de cada região e país (AMIN e WOLLENBERG, 2005).

Por possuírem das variadas definições segundo aos professores mencionados, definem o sistema como “uma infraestrutura de rede em larga escala, definida por agilidade, segurança, resiliência/robustez que enfrentara ameaça e condições imprevisíveis” (AMIN e WOLLENBERG, 2005).

As redes inteligentes de energia elétrica representam um sistema automatizado, onde possui um fluxo bidirecional tanto de energia elétrica quanto de informações, onde a mesma é capaz fazer o monitoramento desde usinas até os consumidores (LAMIN, 2013).

Procura-se garantir a confiabilidade, minimizar e/ou aprimorar o uso de energia, enfraquecer os impactos ambientais, chefiar os ativos e controlar os custos. Smart Grid, ou rede inteligente é o sistema que garante um extenso conjunto de benefícios as concessionárias de energia elétrica e consumidores ligados à rede, possibilitando o crescimento consideravelmente a eficiência operacional, garantindo uma resposta frenética aos pedidos inerentes ao sistema (GELLINGS, 2009).

A mesma representa a revolução no futuro do setor de distribuição de energia elétrica, pois baseado na atualização da infraestrutura já existente possibilita a implantação desse conceito, onde pode ser possível identificar de forma instantânea e precisa as falhas e quedas no fornecimento de energia, com a realização automática de manobras para reestabelecer o sistema (RIVERA, ESPOSITO e TEIXEIRA, 2013).

Características e funcionamento do sistema smart grid

Esses sistemas devem ser desenvolvidos para formar uma rede de comunicação com dispositivos inteligentes e algoritmos que possam suportar a melhoria contínua do sistema operacional, o dispositivo deve sentir que não há fluxo na linha e enviar essas informações para outros dispositivos da rede. Por sua vez, o dispositivo deve encontrar uma topologia para enviar energia de volta para a linha perdida para encontrar formas de reduzir as perdas. As informações fluem através da camada de comunicação entre a camada do consumidor e a camada da subestação, e cada camada tem seu próprio equipamento e tecnologia (PASCALICCHIO, 2011).

Mas uma das vantagens das redes inteligentes é fornecer ao consumidor mais informações, proporcionando um melhor acompanhamento e tomada de decisão sobre o hábito de consumo, mas para o acesso às informações, é necessário que haja a troca dos medidores convencionais para medidores inteligentes, que são responsáveis pela comunicação bidirecional tanto para operação remota quanto para coleta de dados (LAMIN, 2013).

Motivação para a inserção das redes inteligentes

Na esfera internacional são descobertos outros motivadores como a ampliação do mercado livre de energia, diminuição nos custos operacionais, redução do impacto ambiental, prestação de novos serviços, gerenciamento mais ativo, entre outros (LAMIN, 2013).

Motivar a participação do consumidor na operação da rede, permite com que os mesmos gerenciem a utilização e consumo da energia elétrica, utilizando o conceito de “preço em tempo real”, com o preço da energia elétrica sendo exibido dentro da unidade consumidora através de display integrado ao medidor eletrônico (OLIVEIRA e VIEIRA JÚNIOR, 2012)

A pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos relacionados às Smart Grids irão proporcionar uma participação mais ativa do consumidor final permitindo que a concessionária avalie os benefícios e novas demandas (DE SOUZA, 2015).

Entraves para a inserção das redes inteligentes

A primeira é a inteligência no sistema de alimentação, abrangendo geração, transmissão e distribuição de energia, ou seja, a parte do sistema de alimentação localizada acima do medidor pode realizar automaticamente as operações relacionadas e ações de proteção para otimizá-las, além de fornecer informações em tempo real aos consumidores. Ilustrativamente, no Brasil, o preço médio de um medidor eletromecânico tradicional de energia elétrica é de 80 reais aproximadamente, enquanto o preço de um medidor elétrico inteligente é cerca de 10 vezes superior.

O alto custo se deve às características técnicas especiais e sua baixa escala de produção, a substituição de todos os medidores de energia elétrica significa um investimento inicial de mais de 23 bilhões de reais, o que representa um desafio para o setor elétrico, pois é apenas um dos elementos necessários para que a rede se torne mais autônoma

e inteligente. A terceira subárea consistirá em inteligência do consumidor, indústria inteligente, casas inteligentes que usarão dispositivos e eletrodomésticos inteligentes e sistemas domésticos que usam informações existentes para gerar eletricidade a partir de energia eólica, solar ou biomassa.

Na rede, e em horários definidos pelo usuário, ligue e desligue em resposta a estímulos tarifários ou relacionados ao desempenho da rede para reduzir o consumo de energia ou injetar eletricidade na rede. A quantidade de dados aumentará e sua correlação se tornará mais complexa, resultando em potenciais problemas de sobrecarga de informações, o que pode levar a uma operação ineficiente da rede, pois todos os equipamentos e instrumentos da rede de distribuição de energia devem ser integrados e a comunicação bidirecional deve ser mantido (LI e ZHOU, 2011).

O risco indireto associado ao uso de medidores inteligentes no Brasil é que, devido à divulgação de dados detalhados de faturamento e à revelação do comportamento de consumo, as informações específicas de consumo de energia localizadas no servidor de serviço de energia são violadas do utilizador. Por fim, em primeiro lugar, o sistema de múltiplas estações tarifárias de energia elétrica pode ser prejudicial para alguns consumidores residenciais, porque neste tipo de sistema a comunicação entre a concessionária e o consumidor é bidirecional, de modo que os preços da energia podem variar ao longo do tempo, ao longo do dia (FALCÃO, 2012).

Tecnologias para a comunicação em Smart grid

Estabelecendo a importância da eletricidade como uma ciência imprescindível atualmente, para uma ótima gestão se faz necessário toda uma estrutura de produção, distribuição e monitoramento desse produto em condições elementar. Considerando-se todo custo necessário para todo o processo de obtenção a distribuição e transmissão do produto até o consumidor é inevitável o controle sobre a produção, demanda e previsões que facilitem o melhor gerenciamento do produto.

Nesse momento entra-se a Smart grid, uma ferramenta que viabiliza realizar o monitoramento real da rede elétrica, possibilitando uma maior confiabilidade da rede quanto do consumidor e uma gestão controlada. Sendo o custo a princípio o maior contraponto, uma vez que exige a atualização de todos equipamentos pertencentes a linha.

Para a implementação dessa tecnologia se faz necessário o uso de meios de comunicação que possibilitem a manipulação e processamento confiável dos dados produzidos, que são determinadas de acordo com suas características de operação, ambiente e sistema.

Operação: tem como alvo clientes com um maior entendimento do sistema, para que possam auxiliar e fornecer ferramentas para serviços mais eficiente, com maior confiabilidade e qualidade, gerando maior conhecimento sobre as operações e compreensão sobre regulamentos.

Ambiente: com sistemas de comunicação mais eficiente, torna-se possível a redução de degradantes ambientais, pois utilizam de forma mais precisa o potencial da rede elétrica.

Sistema: a tecnologia Smart Grid torna possível um estudo em tempo real de um SEP (Sistema Elétrico de Potência), o que otimiza o sistema elétrico pois, é possível realizar previsões de demanda, assim gerando maior produtividade do sistema.

Com base nestas características podemos destacar as seguintes tecnologias de comunicação:

Powerline Communication

Principal candidato a estabelecer uma infraestrutura de comunicação da rede *Smart grid*, conhecida pela sigla PLC, é uma proposta de comunicação onde se baseia em realizar a transmissão de dados através da rede de transmissão de energia de um SEP. Utiliza a mesma estrutura física dos grids de energia eliminando a necessidade de um novo cabeamento gerando um custo a menos.

Possui acesso ilimitado a todo o sistema de transmissão de energia, permite a combinação com outros tipos de tecnologia, além de ter altas taxas de aquisição de dados para estabelecimento de redes e permitir a divisão de faixas de frequência para transmissão específica de dados.

Porém sua baixa segurança e devido ao SEP não ser projetado para transmissão de dados é necessário criptografar as informações transmitidas. Além de uma alta vulnerabilidade a ruídos e interferências magnéticas faz om que seja colocada em questão se esse seria o melhor meio de comunicação a ser utilizado.

Wireless

A tecnologia Wireless (sem fio) estão cada vez mais presentes nas arquiteturas de rede por sua capacidade de não se restringir à

necessidade de cabeamentos e limitações físicas impostas pelo ambiente, sendo assim aplicadas aos mais diversos tipos de ambientes, implementada em variados setores como setor industrial e doméstico. Consequentemente para cada tipo de implementação existem variações dessa tecnologia quanto a capacidade de transmissão de dados custo e adaptação ao ambiente.

A rede sem fio também se tornou uma ferramenta poderosa no conceito *SMART GRID*, pois seu nó de comunicação é um elo fundamental para a transmissão e processamento de dados de diferentes fontes, e está inserido na complexidade da rede inteligente.

Home Phonline Alliance

Comumente conhecida pela Sigla HPNA, esse meio de comunicação vem se destacando e consolidando desde a década de 90, principalmente no ambiente doméstico, essa tecnologia tem como principal diferencial a capacidade de transmissão de dados, voz e imagem através de um mesmo cabeamento coaxial, sendo muito difundido o seu uso por companhias de telefonia, tv a cabo e internet.

Dentre suas vantagens se destaca o seu baixo custo relacionado ao preço da fibra óptica, uma ótima interoperabilidade uma vez que os diferentes tipos de dados transmitidos como voz e imagem possuem uma frequência diferente de transmissão, alta taxa de transmissão de dados e claro seu principal diferencial, a centralização em apenas um cabeamento.

A HPNA é uma forma barata de se projetar uma rede de transmissão de dados devido às características físicas de sua arquitetura. Ao longo de seu desenvolvimento algumas versões foram adaptadas, a

HPNA 3.1 é a mais indicada para adaptação ao projeto da *Smart Grid*, principalmente pelo seu potencial de transmitir dados com até 256Mbps e frequência de operação similar a tecnologia BPL, entre 12 e 44 MHz.

IEC 61850

A IEC 61850 é um padrão internacional desenvolvido pelo Comitê Técnico TC57 da IEC International Electrotechnical Commission, que estabelece um padrão de interoperabilidade na comunicação e suporta comunicação automatizada e pavimentando o caminho para a smart grid ao fazer integrações entre sistemas, como monitoramento, proteção, medição e controle. Em conjunto com outros padrões de protocolos, é um elemento básico em sistemas de telecomunicações em *smart grid*.

Experiência Nacional

Mesmo que as redes inteligentes não tenham sido implantadas em larga escala no Brasil, existem atualmente algumas iniciativas governamentais e privadas, com a intenção direcionada para o desenvolvimento de tecnologia e modificação na regulamentação no setor elétrico nacional, apesar de alguns projetos pilotos estarem sendo realizados por algumas distribuidoras de energia.

O Congresso segue analisando alguns projetos referentes as redes inteligentes, bem como algumas resoluções relacionadas a Aneel abordando temas como PLC, mapeamento geográfico, diferencial de preços de energia elétrica, geração distribuída de energia em pequena escala e medição eletrônica. Com o controle e estudo das informações, as perdas relacionadas as fraudes e furtos de energia elétrica, podem ser reduzidas e os horários de pico realocados e a possibilidade da

participação de fontes alternativas de energia na geração como solar e a eólica.

Os projetos foram incluídos nos projetos de pesquisa e desenvolvimento, o objetivo é definir a arquitetura padrão da rede inteligente através da estrutura dos elementos que constituem o sistema incluindo novos equipamentos, software, serviços e processos.

Para além da implementação de sistemas de monitorização e reconfiguração da rede em tempo real, bem como do desenvolvimento de métodos e equipamentos para serviços interativos com os consumidores, também foram realizados testes de interoperabilidade entre os medidores e outros equipamentos.

Experiência Internacional

A modernização de uma rede centralizada é o esforço de um país ou grupo de países para aumentar a geração e distribuição de energia para permitir a transição para fontes renováveis e alternativas de energia e para integrar as ações de produtores e distribuidores com os consumidores. A tabela abaixo representa alguns países e seus investimentos para a implantação da tecnologia das smart grid.

O governo da Austrália e o setor privado de energia desenvolveram um projeto piloto de demonstração chamado «Smart Grid, Smart City». O plano visa coletar informações confiáveis sobre os custos e benefícios redes elétricas inteligentes para auxiliar o governo, fornecedores e consumidores de energia e fornecedores nacionais de tecnologia na tomada de decisões futuras. O governo chinês desenvolveu um plano de estímulo de longo prazo para investir em

sistemas de abastecimento de água, infraestrutura rural e redes de energia elétrica, incluindo investimentos substanciais em redes elétricas inteligentes.

Os principais objetivos são reduzir o consumo de energia, melhorar a eficiência da rede e gerenciar a geração de energia renovável.

O projeto inclui a integração das redes inteligentes a 6 mil casas, parques eólicos e 4 linhas de distribuição de energia.

O plano dos EUA cobre o desenvolvimento de infraestrutura de medição do consumidor e sistemas de transmissão, distribuição, armazenamento e a inserção de sistemas solares na geração de energia elétrica.

O governo indiano tem interesse na implantação das redes inteligentes e estão relacionadas aos setores de geração, transmissão, distribuição e qualidade de energia.

O Japão está desenvolvendo tecnologia de redes inteligentes para incluir geração de energia renovável, medidores e serviços inteligentes e veículos elétricos.

Em Rokkasho Village, Aomori Prefecture, projetos de demonstração foram desenvolvidos usando apenas energia gerada a partir de recursos renováveis. A “European Electricity Grid Initiative”, conforme a estrutura “20-20-20” da UE, fornece diretrizes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 20%, a produção de energia renovável em 20% e a eficiência energética em 20% até 2020.

Em Portugal, a EDP em sociedade com institutos de pesquisa e empresas de base tecnológica, estão desenvolvendo o projeto

InovGrid, cujo projeto prevê um ciclo completo, inserindo a telegestão de energia, que baseia se nos terminais do consumidor, integração da microgeração na rede e aumento da inteligência de serviço da rede.

Benefícios devido ao uso das redes inteligentes

Essas tecnologias já mencionadas, foram projetadas para beneficiar todo o sistema de várias maneiras nas principais áreas, como na confiabilidade do sistema, a economia, eficiência o meio ambiente e a segurança de dados.

Confiabilidade

Uma rede elétrica confiável geralmente é aquela que fornece energia aos consumidores com uma qualidade que atende às suas necessidades quando eles desejam ou necessitam (PETENEL, 2014).

Para os usuários residenciais, o aumento da confiabilidade reduz quedas de energia inconvenientes para equipamentos eletrônicos causados por problemas de qualidade de energia (PETENEL, 2014).

Com o uso desses medidores, os procedimentos de resposta do lado da demanda também podem ser usados para reduzir a pressão sobre os ativos do sistema em condições de pico, reduzindo assim a possibilidade de falha (PETENEL, 2014).

Economia

Outros benefícios econômicos que merecem destaque são a redução de perdas não técnicas, o aumento da precisão dos medidores inteligentes, os danos à tecnologia tradicional, a redução de cortes de

energia e a criação de novas oportunidades, aumentando a receita da concessionária (PETENEL, 2014).

Além disso, as melhorias na eficiência operacional e de comercialização reduziram os custos de fornecimento de energia em condições de pico, permitindo às concessionárias aumentar suas margens de lucro nas operações da rede (PETENEL, 2014).

Além disso, fontes de energia distribuídas, incluindo geração de energia e armazenamento local, podem ser usadas para apoiar sistemas de recuperação de desastres e, em alguns casos, podem ser usadas como fonte de eletricidade para o mercado (PETENEL, 2014).

Eficiência

Embora os setores de geração e transmissão de energia sejam altamente eficientes, ainda há espaço para melhorias, mas a maior revolução deve ocorrer na distribuição de energia (PETENEL, 2014).

Dentre os benefícios proporcionados pelas melhorias de eficiência, podemos citar a maior utilização de ativos pelas concessionárias locais de energia, pois é possível extrair mais ativos existentes e reduzir perdas nas linhas de distribuição e transmissão (PETENEL, 2014).

Meio Ambiente

Procuramos atingir esses objetivos por meio de iniciativas, como melhorar a capacidade de integração de energia renovável na perspectiva das empresas de energia, que é uma possibilidade criada

pela capacidade das redes inteligentes de suportar níveis mais elevados de energia intermitente (PETENEL, 2014).

A energia distribuída inclui a popularidade generalizada das energias renováveis, novas tecnologias de armazenamento e dispositivos que combinam calor e eletricidade de forma eficiente (PETENEL, 2014).

Segurança

A melhoria da segurança pode ser alcançada reduzindo os riscos inerentes ao sistema energizado ou minimizando o tempo de exposição ao risco. Para tanto, o objetivo é reduzir a possibilidade de ataques físicos ou cibernéticos deliberados, e reduzir as consequências de quem não foi descoberto ou prevenido, reduzir a possibilidade de potenciais interferências prejudiciais nas usinas e aumentar o sistema de monitoramento e suporte à decisão do sistema (PETENEL, 2014).

Conclusão

O desenvolvimento de redes elétricas inteligentes não vem apenas da forte necessidade de integrar energia renovável ao sistema e permitir o uso em larga escala de veículos elétricos, mas também representa uma oportunidade única de aumentar a eficiência energética e melhorar a infraestrutura de rede existente. Além disso, o projeto dessas redes não será baseado em uma única opção, mas em uma combinação de múltiplas tecnologias. Para o Brasil, não há conclusão sobre os custos e benefícios reais das redes inteligentes. Por outro lado, o aumento da felicidade

devido à baixa incidência de cortes de energia é uma receita que não pode ser obtida com o preço da eletricidade.

Na prática, os investimentos relacionados às redes inteligentes aumentarão o bem-estar, o que levará ao aumento dos custos de distribuição. Como as redes inteligentes possibilitam o uso de geração distribuída de energia, isso também atrasará os investimentos em redes de geração e transmissão de energia.

Referências bibliográficas

AMIN, M. S.; WOLLENBERG,. *Toward a smart grid. IEEE power & energy magazine*, v. III, n. 5, p. 34 - 41, Setembro-Outubro 2005.

ARNOLD,. *Challenges and Opportunities in Smart Grid: A Position Article*. IEEE, v. 99, n. 6, p. 922 - 927, 2011.

COPEL. A Experiência da Copel na Automação de Redes de Distribuição. Superintendência de Engenharia de Distribuição. 1º Seminário de Tecnologia e Desenvolvimento para Smart Grid. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Lactec. Curitiba, Brasil, 2012.

DE SOUZA, R. W. R. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE REDES DE SENSORES SEM FIO APLICADAS ÀS REDES INTELIGENTES (SMART GRID): UM ESTUDO DE VIABILIDADE DE INTEGRAÇÃO TÉCNICA. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ – IFCE. CEARÁ, p. 92. 2015.

ENDESA. Ampla - Ações Contra o Furto de Energia: Tecnologia e Sociedade. Metering Latin America. São Paulo, Brasil, 2012.

FALCÃO,. Redes Elétricas Inteligentes Smart Grid. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, p. 20. 2012.

GARCIA, D. A.; DUZZI, E. Aspectos de evolução do smart grid nas redes de distribuição. O Setor Elétrico, p. 75, Abril 2012.

GELLINGS, C. W. The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response. 1ª. ed. [S.l.]: The Fairmont Press, Inc., 2009.

KEZUNOVIC, M. Smart Fault Location for Smart Grids. IEEE Transactions on Smart Grid, v. 2, p. 11-22, 2011.

LAMIN, H. ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO DA IMPLANTAÇÃO DE REDES. Faculdade de tecnologia da universidade de Brasilia. Brasilia, p. 300. 2013.

LEITE, J. V. ; CRUZ, A. F. S. ESTUDO E APLICAÇÃO DA SMART GRID NO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO BRASILEIRO. UNIFACS, v. 16, 2017. ISSN ISSN: 1517-2112.

LI, Q.; ZHOU,. The Future-Oriented Grid-Smart Grid. JOURNAL OF COMPUTERS, Chengdu, P.R. China, v. 6, n. 1, January 2011.

LIGHT. Programa Smart Grid Light - Energia Inteligente. Coordenação geral Fábio Toledo. Editora Brasport. Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

OLIVEIRA , ; VIEIRA JÚNIOR , J. C.. BENEFÍCIOS E DESAFIOS DE REDES INTELIGENTES. UNIFACS, v. 2, p. 3-14, JAN./FEV. 2012.

PASCALICCHIO, A.. Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicação nas redes de distribuição de energia elétrica no Brasil. Unidade da USP - Interunidades em Energia. São Paulp. 2011.

PIZZALI, L. F. O. CÁLCULO DE FLUXO DE POTÊNCIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM MODELAGEM A QUATRO FIOS. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO". Ilha solteira, p. 120. 2003.

REDES Inteligentes Brasil. Disponível em: <<http://redesinteligentesbrasil.org.br/cidade-do-futuro.html>>. Acesso em: 02 nov. 2020.

RIVERA, R.; ESPOSITO, A. S.; TEIXEIRA,. Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. BNDES, Rio de Janeiro, p. 43-84, 2013.

SARAIVA, F. O. Aplicação de sistemas multiagentes para gerenciamento de sistemas de distribuição tipo smart grids. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. 2012.

SCHETTINO ,, Smart Grid. Tendências De Sua Implantação No Brasil. [S.l.]: Appris, 2014.

SCHREIBER, J. F. Modelagem de um Sistema de Distribuição de Energia Considerando a Aplicação em Redes Inteligentes. Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, p. 128. 2013.

TCHEMRA, ; CAMARGO,. Descoberta de padrões em bases de dados utilizando Técnicas Adaptativas. [S.l.], p. 3. 2009.

TOLEDO, F. Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes - Smart Grid Handbook. 1ª. ed. [S.l.]: Brasport, 2012.

YU, ; CECATI, C.; SIMOES, M.. The New Frontier of Smart Grids. IEEE Industrial Electronics Magazine, v. V, n. 3, p. 49 - 63, October 2011.