

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

JÉSSICA BORGES RODRIGUES

**REDES INTELIGENTES: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA
E DE REVISÕES SISTEMÁTICAS**

CRICIÚMA

2019

JÉSSICA BORGES RODRIGUES

**REDES INTELIGENTES: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA
E DE REVISÕES SISTEMÁTICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de Ciências Econômicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Melissa Watanabe

CRICIÚMA

2019

JÉSSICA BORGES RODRIGUES

**REDES INTELIGENTES: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA
E DE REVISÕES SISTEMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de bacharel, no Curso de Ciências Econômicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Criciúma, 24 de junho de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Melissa Watanabe – Doutora- PPGDS/UNESC - Orientadora

Prof. Miguelangelo Gianezini – Doutor - PPGDS/UNESC

Igor Martello Olsson – Mestre - Economia/UNESC

*Dedico este trabalho a minha família e ao meu futuro esposo,
por serem fonte inesgotável de otimismo
e suporte em minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me por me guiar para vencer mais esta etapa da minha vida. Agradeço à minha família, por me ensinarem sempre a importância de conquistar novos horizontes, tanto pessoais quanto profissionais.

Agradeço também ao meu querido futuro esposo, Aldo Junior, pois sem seu incentivo e apoio na reta final esse trabalho não teria se concretizado.

A todos os meus colegas e amigos da jornada profissional, da Hd Eletro Comércio de Equipamentos Elétricos Ltda Me, que me ensinam diariamente a respeitar e valorizar o que faço hoje e a buscar o aprimoramento sempre.

Aos Professores Giovana Ilka Jacinto Salvaro e Amauri De Souza Porto Junior, pela compreensão, paciência e competência em relação à elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço imensamente ao Professora Melissa Watanabe, pela orientação e pelo voto de confiança.

À banca examinadora que analisará o conteúdo deste trabalho contribuindo com sugestões.

*“Dê adeus aos futuros usados. Aqui está um novo mundo inteiro,
intenso como um choque elétrico.”*

- Bruce Sterling

RESUMO

Consecutivas mudanças e sucessivas demandas dos serviços associados ao trabalho de Redes Inteligentes apresentam aos clientes a necessidade observar constantemente as informações armazenadas para tomadas de decisões, o que lhes conduz a obter dados atuais em referências práticas e confiáveis: periódicos especializados. Nesse cenário, foi aumentado o interesse em estudar a relevância dada em à publicação de artigos sobre as Redes Inteligentes por periódicos partindo de levantamentos realizados no site *Web of Science*® referentes ao período de 2009 a 2018. Para a análise foi efetuado um estudo bibliométrico das informações com abordagem quantitativas, trazendo nas variáveis os números dos artigos publicados por ano, de obras mais citadas em artigos e de autores citados no artigo, a análise comprovou a importância do trabalho das Redes Inteligentes em inúmeras organizações mundiais. Foi possível constatar também a falta de estudos sobre o tema das Redes Inteligentes no Brasil, e na economia, apesar de se ter uma extensa e moderna literatura para base de pesquisas.

Palavras-chave: Redes Inteligentes, bibliometria, energia, tecnologia, controle, comunicação

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Perda total de energia entre os anos de 2010 a 2017 (MWh).....	14
Quadro 2 - Periódicos referentes a busca “Smart Grid” no mundo sem recorte temporal	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas de pesquisa	37
Figura 2 - Nuvem de palavras dos resumos dos 50 periódicos selecionados	39
Figura 3 - Pesquisa Web of Science®.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Estudos das Redes Inteligentes – Evolução das publicações no tempo entre 1991 a 2018	36
Gráfico 2 – Idiomas com mais trabalhos científicos de 2009 a 2018 publicados sobre o tema.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PMC	Prefeitura Municipal de Criciúma

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.3.1 Objetivo geral.....	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
1.4 JUSTIFICATIVA.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA	16
2.2 O CONTEXTO MUNDIAL PARA AS REDES INTELIGENTES.....	19
2.2.1 AMÉRICA DO NORTE.....	19
2.2.2 EUROPA.....	20
2.2.3 ÁSIA	21
2.2.4 BRASIL	22
2.3 TENDÊNCIAS.....	24
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
3.1 NATUREZA E TIPO DE PESQUISA.....	26
3.2 APRESENTAÇÃO DA BASE DE DADOS WEB OF SCIENCE®	29
3.3 ABORDAGEM METODOLÓGICA	30
3.4 CRITÉRIOS E TERMOS DE BUSCA.....	31
3.4.1 Variáveis analisadas.....	31
3.4.1.1 Temática.....	32
3.4.1.2 Autoria	32
3.4.1.3 Instituição de Ensino e Pesquisa.....	32
3.4.1.4 Periódicos.....	33
3.4.1.5 Critérios de busca	33
3.4.1.6 Recuperação dos dados.....	34
3.4.1.7 Tratamento dos dados.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 PANORAMA DAS REDES INTELIGENTES	36
4.2 PANORAMA DOS ARTIGOS SELECIONADOS.....	38
4.3 ARTIGOS SELECIONADOS	41

4.3.1. Contextualização do Smart Grid pelos autores selecionados	47
4.3.2 Segurança	49
4.3.3. Entendimento sobre desenvolvimento sustentável em Redes Inteligentes.....	51
4.3.4. Importância econômica nos sistemas de Redes Inteligentes	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE 1 - SELEÇÃO DOS DESCRITORES NAS ETAPAS DAS BUSCAS DE DADOS	69

1 INTRODUÇÃO

Com alta relevância no Brasil e no mundo, o setor de energia Elétrica é vital para o desenvolvimento econômico e social. Pode-se perceber que as demandas pelo produto de energia elétrica estão aumentando cada vez mais. E por consequência, a exigência na qualidade do serviço prestado ao consumidor também aumentou. Para se adaptar as diversas mudanças e exigências tecnológicas do mercado, surgem as Redes Inteligentes (LIMA, 2012), exigências tecnológicas conhecidas também por *Smart Grid* (COLLIER, 2009).

Com o compromisso de uma rede elétrica flexível, eficiente e confiável, o “*Smart Grid*”, termo em inglês de Redes Inteligentes, desde 2007 vem introduzindo agilidade e facilidade em operações técnicas mais complexas, com melhoria e rapidez na qualidade de dados e informações da rede elétrica. Além da interação e monitoramento de dados, o “*Smart Grid*” trouxe uma significativa melhora em qualidade, liberdade e segurança para que o próprio cliente seja autônomo para analisar e controlar suas informações (MADDEN, 2018).

O modelo possibilita a acumulação de dados de energia e respostas em tempo real sobre possíveis falhas e inconstâncias que poderão vir a ocorrer na rede elétrica, fornecendo ao cliente um amplo gerenciamento de seus equipamentos e poder de decisões para melhoramento do sistema e prevenção de futuros danos já diagnosticados pelo sistema.

Portanto, a rede inteligente é totalmente automatizada, um equipamento moderno, com alta tecnologia e comunicações interconectadas, facilitando e mitigando as operações que o consumidor irá efetuar, proporcionando ampla segurança e eficácia na produção e distribuição de energia.

O método de *Smart Grid* é novo e vem ganhando cada vez mais destaque no cenário brasileiro, para consumidores que buscam automatizar dados e minimizar os efeitos negativos, prevendo e controlando danos que possam ocorrer. As redes inteligentes têm por objetivo fazer com que a energia chegue até o consumidor e consequentemente mantê-la funcionando.

1.1 TEMA

O presente trabalho apresenta um estudo bibliométrico e de revisão sistemática referente a importância das redes inteligentes. A pesquisa contempla e compara artigos mais citados disponíveis na plataforma Web of Science®, entre os anos de 2009 a 2018, baseados no tema de Redes Inteligentes e sua relevância mundialmente.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual a trajetória e impacto das produções científicas de 2009 a 2018 referentes às redes inteligentes estão sendo evidenciadas no mundo?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é analisar a trajetória das redes inteligentes e seu impacto a partir de análises de trabalhos científicos no mundo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar palavras chaves para busca nas bases de dados científicas;
- Analisar a bibliometria dos resultados apresentados;
- Mapear as revistas científicas relevantes;
- Categorizar por afinidades de temáticas os artigos científicos selecionados.

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente a energia elétrica é necessária para inúmeras utilidades da sociedade. Depois de sua descoberta, e com os vários desenvolvimentos tecnológicos aplicados a ela, obteve-se muitos equipamentos elétricos que

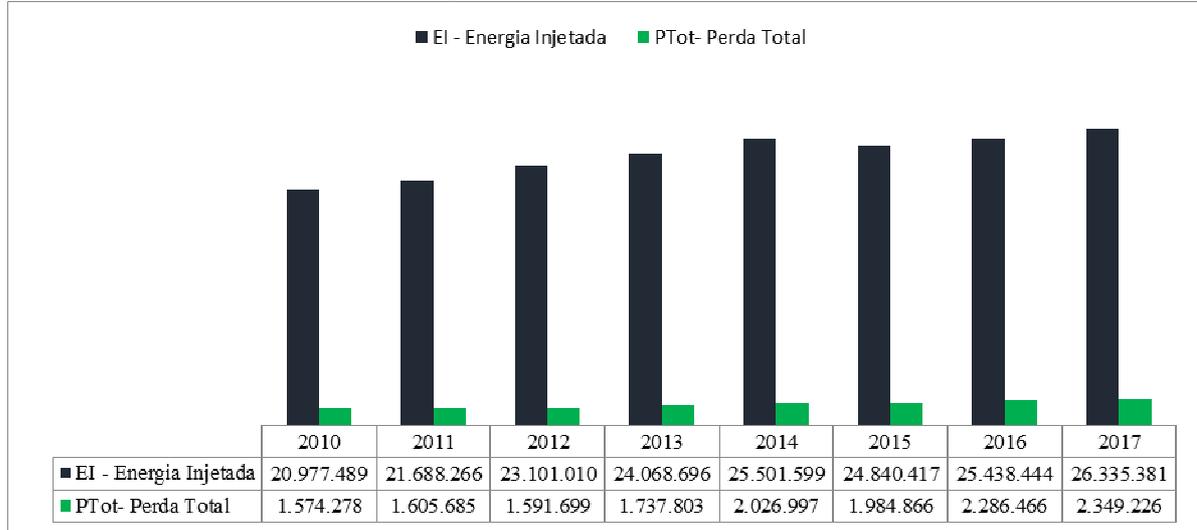
trouxeram benefícios e praticidade para nosso dia-a-dia. No setor de energia elétrica, possui-se a geração, transmissão e distribuição de energia.

As Redes Inteligentes ou *Smart Grids* são essências para o setor nacional, tanto para geração, transmissão ou distribuição de energia. Elas são necessárias e oferecem benefícios as concessionárias de distribuição de energia, garantindo a qualidade e segurança dos serviços prestados, e disponibilizando menores custos de operações. Beneficiando também empresários investidores, com a certeza de retorno do valor investido em períodos de médios e longos prazos. No Brasil, deve-se estar adequado a todo processo regulatório que envolve direta e indiretamente o *Smart Grid*, com políticas públicas que fiscalizem e garantam a segurança do projeto para se ter um investimento prudente e assegurando o retorno financeiro futuro. A complexidade e relevância do sistema são altamente necessários para o crescimento do desenvolvimento tecnológico do país (ARRUDA, 2016).

Inevitavelmente, com a distribuição e transmissão de energia, ocorrem perdas totais de energia elétrica, a qual o sistema de distribuição é dividido de acordo com os seguimentos de rede de alta, média e baixa tensão, transformadores, ramais de ligação e medidores, e com a junção destas informações calcula-se o percentual de perdas técnicas eficientes relativas a energia fornecida a rede.

Conseqüentemente ocorrem perdas técnicas referentes a perdas nos núcleos transformadores, perdas dielétricas e perdas na transformação de energia elétrica nos condutores com efeito joule. Estas perdas são calculadas pela diferença de energia gerada e entregue nas redes de distribuição, sendo o seu custo dividido em 50% para geração e 50% para consumidores, e a CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) é responsável pela apuração das perdas mensais. Outra forma de perda de energia elétrica é a perda não técnica, que ocorrem principalmente com fraudes de energia, como adulterações no medidor de energia, conhecidos como gatos ou furtos, são as ligações clandestinas ou desvio direto da rede (Aneel, 2015).

Quadro 1 - Perda total de energia entre os anos de 2010 a 2017 (MWh)



Fonte: Aneel (2018).

O gerenciamento adequado de acordo com a metodologia de cada empresa fornece condições melhores para a utilização dos recursos, prevenindo perdas nos processos produtivos, e evitando desperdícios de recursos essenciais, como a energia, o que contribui para um produto final com elevado valor agregado, controlado em todos os processos. (LENTZ JUNIOR, 2017)

Com a finalidade de desenvolvimento tecnológico no setor elétrico, agregando valor as empresas de distribuição de energia elétrica, contribuir para o desenvolvimento do país por meio de um setor de distribuição sustentável e eficiente, com elevados padrões éticos, sustentabilidade dos associados, serviços de qualidade aos clientes e desenvolvimento do país. Dentro destas empresas está a ABRADDEE (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica), uma sociedade civil de direito privado, sem fins lucrativos.

Um periódico deve expor informações inter-relacionadas a teorias, mostrando pequenas e pontuais descobertas sobre determinado assunto de pesquisa. A argumentação é essencial fundamentada em informações observadas no próprio artigo, e os bons artigos em geral apontam também que fatores do problema que aqueles dados não conseguem resolver. Se o periódico é muito reconhecido em sua área, geralmente com elevado número de citações, é reduzido o risco de ser selecionado um artigo com conteúdo pouco relevante. Por este motivo, foram selecionados periódicos com mais de 100 citações no site *Web of Science*®.

Com os resultados do presente trabalho, vai-se explicar dentro do campo da economia, em que não foram encontrados nos artigos selecionados dentro da área econômica, qual a importância de quantificar e aperfeiçoar as análises de custos e benefícios sobre o contexto de redes inteligentes de distribuição de energia, utilizados para minimizar as perdas de energia elétrica, sendo as redes inteligentes como fator indispensável para o desenvolvimento e modernização das tecnologias aplicadas as redes elétricas, facilitando, agilizando e contribuindo para um maior controle e personificação do consumidor.

O estudo está dividido em cinco capítulos sendo a introdução o primeiro. O segundo capítulo realiza caracterização das redes inteligentes e seu contexto pelo mundo. No terceiro capítulo são descritas as variáveis a serem analisadas e a metodologia adotada ao trabalho. O quarto capítulo apresenta os resultados e discussões analisados através da pesquisa bibliométrica e de revisões sistemáticas, por meio de quadros, imagens e gráficos construídos com o software *Microsoft Excel*. Por fim, o último capítulo onde são apresentadas as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA

Considerada como atividade essencial para a agregação de valor de produto ou serviços para as empresas, a energia elétrica fornecida aos clientes é o produto da cadeia de valor do sistema elétrico, sendo um produto indispensável no contexto atual. Os diferentes tipos de fontes como hidrelétrica, solar, eólica, térmica, entre outras, fazem parte da estrutura da cadeia de valor do setor elétrico, disponibilizados pelas linhas de transmissão e distribuição de energia. Os relatórios efetuados em tempo real de todos os valores gerados e consumidos somente são possíveis porque todos os equipamentos estão conectados (SCHETTINO, 2013).

Apresentando individualidades significativas confrontadas com o mercado mundial, o Setor Energético Brasileiro obtém um sistema eletricamente interligado para a distribuição, transmissão e geração de energia, e suas proporções continentais não lhe impediram de alcançar o desenvolvimento no segmento (SILVA, 2016).

A implantação de grandes empreendimentos de geração de energia elétrica está, cada vez mais, sujeita a restrições ambientais, econômicas, regulatórias, geográficas e tecnológicas. Através das redes inteligentes é possível obter o controle dos sistemas elétrico, da geração a disponibilidade ao consumidor, que fornecem ao cliente alteração de ajustes, leitura de dados dinâmica e desligamentos ou religamentos de equipamentos, proporcionando segurança, agilidade e flexibilidade. Objetivando o aproveitamento máximo da capacidade instalada, a otimização do sistema com informações precisas e manipuladas por computador auxiliam o cliente a atender com mais eficiência seus consumidores, fornecendo equipes para o atendimento de emergência, que são detectados em tempo real pelo sistema (SCHETTINO, 2013).

No decorrer dos anos, o setor elétrico vem sofrendo diversas evoluções pelo mundo. Ocorreram mudanças que influenciaram nestas modernizações, e entre elas está a desverticalização das empresas de energia elétrica para novas empresas organizadas a fim de atender os setores de geração, distribuição e transmissão de energia. Com a privatização, surgiu a necessidade de haverem regulamentações para que as empresas fossem fiscalizadas e padronizadas, na qual o produto

fornecido ao consumidor final estivesse adequado. Atualmente, com a maior quantidade de informações e dados, com os incentivos ao fornecimento de energia acessível a todos, a demanda por energia elétrica está cada vez maior, e entre as exigências do consumidor está à qualidade do produto. Estas transformações lançaram o instinto nas empresas de energia, principalmente em distribuidoras de energia, que são a ligação direta entre os clientes e o sistema, de se desenvolver e inovar cada vez mais, buscando a satisfação do cliente e o destaque no setor (KAGAN et al., 2010).

Para as concessionárias de energia as vantagens estão na minimização dos custos operacionais, deixando de ter gastos com um funcionário leiturista por ter um sistema automatizado, e também com o conserto de equipamentos, por consequência do desligamento e religamento de energia que podem ser efetuados a distância pelo cliente através do sistema. Outro benefício para as distribuidoras de energia com as redes inteligentes é a minimização dos furtos de energia (MOREIRA, 2016).

O *Smart Grid* está fomentando a utilização de dados e informações digitais, tornando a tecnologia um meio de segurança, controle e confiabilidade da rede elétrica, integrando e instalando recursos de geração, aperfeiçoando e potencializando as operações de recursos das redes de distribuição de energia eficiente e segura, adicionando fontes renováveis, contenção de furtos, com respostas em tempo real, concedendo ao consumidor mais autonomia e eficiência na gestão do sistema (PASCALICCHIO, 2010).

Nas empresas que utilizam os sistemas de redes inteligentes, a combinação dos sistemas de dados que efetuam a concentração de informações que servem como base para a tomada de decisões de consumidores, otimizando em larga escala, concedendo benefícios a todos os setores abrangidos. Com o compromisso de interligar os sistemas complexos para a análise de dados, os consumidores buscam informações de fácil compreensão, que possam lhes auxiliar no planejamento estratégico e nas tomadas de decisões que impactem a eficiência energética disponibilizada, visando a satisfação do cliente. Para a integração de dispositivos variados, é necessária a interligação dos equipamentos com a internet, que fornecerá os dados a um software de controle que, por sua vez, realizará o armazenamento e o tratamento dos dados, para serem mostrados a uma linguagem acessível ao consumidor (SCHETTINO, 2013).

Contribuindo com a perspectiva favorável as regulamentações e políticas no segmento, as redes inteligentes visam a confiabilidade e eficiência na medição de energia. São classificadas como a evolução das redes elétricas através de equipamentos, serviços e tecnologias modernas, fornecendo monitoramento e automação, com o objetivo de conseguir custos eficientes, beneficiando consumidores e a sociedade (SILVA, 2016).

2.2 O CONTEXTO MUNDIAL PARA AS REDES INTELIGENTES

Pelo mundo, em universidades e empresas, estão se reunindo grupos de pesquisa para estudos de novas alternativas para a geração de sistemas elétricos que interliguem a evolução tecnológica com a transmissão, distribuição e geração de energia elétrica. Com essa finalidade, as *Smart Grids* interagem com as redes elétricas, ocorrendo o controle de dados sobre os equipamentos conectados ao sistema, fornecendo informações para o banco de dados e beneficiando nas tomadas de decisões de gestores (SARAIVA, 2012).

Para o desenvolvimento dos países, é necessária a satisfação das demandas de energia elétrica. As evoluções das redes inteligentes nos países dão maior qualidade na geração, transmissão e distribuição de energia, com a intenção de fornecer a transformação de para fontes renováveis, e contribuindo para a minimização da emissão de carbono e assegurando o futuro das próximas gerações (PASCALICCHIO, 2011).

O desenvolvimento do conjunto de funcionalidades possíveis em Redes Elétricas Inteligentes e sua integração têm por principal objetivo fazer melhor uso dos sistemas elétricos existentes, possibilitando o auto reestabelecimento diante de falhas, a redução de perdas e a atuação da demanda na operação do sistema, características essas questões presentes nos principais projetos em REI implantados ou em planejamento (SILVA,2016).

As motivações para a implantação de Redes Elétricas Inteligentes na América do Norte estão fortemente relacionadas com a segurança do sistema, de forma a reduzir vulnerabilidades por meio da modernização da rede e da garantia de suprimento. Já nas experiências europeias, é grande a busca pela introdução de geração distribuída e pelo alcance de uma matriz elétrica renovável (SIMÕES, 2012).

2.2.1 AMÉRICA DO NORTE

Conforme a abordagem de Silva (2016), são estabelecidos alguns indicativos citados pelo DOE (Departamento de Energia dos Estados Unidos) baseados estes, na Política de modernização da Rede Elétrica, com a meta de se

cumprir com o fornecimento de energia elétrica de qualidade, em busca da melhoria e segurança, segundo os seguintes parâmetros:

1. Crescente uso de informações e controles digitais para aprimorar a confiabilidade, segurança e eficiência da rede elétrica;
2. Otimização dinâmica da rede e dos recursos;
3. Integração de fontes e geração distribuídas, incluindo fontes renováveis;
4. Desenvolvimento e incorporação da resposta do lado da demanda e recursos de eficiência energética;
5. Entrega de tecnologias “inteligentes”, que otimizem a operação física, para medição, comunicações acerca da operação ou status da rede, e automação da distribuição;
6. Integração de aparelhos inteligentes e dispositivos de consumo;
7. Implantação e integração de tecnologias de armazenamento de energia e de regularização da demanda;
8. Fornecimento de informações e opções de controle ao consumidor;
9. Desenvolvimento de padrões para comunicação e interoperabilidade de aparelhos e equipamentos conectados à rede;
10. Identificação e redução de barreiras para a adoção de tecnologias, práticas e serviços de redes inteligentes.

Segundo Pascalicchio (2010), os Estados Unidos determinaram incentivos políticos para auxiliar na evolução de sua rede elétrica, para que direcionasse o país em um programa autônomo de energia segura, aumentando as fontes de energias renováveis, assegurando os clientes, ampliando a qualidade energética dos serviços e incentivando pesquisas de projetos que peguem os gases responsáveis pelo efeito estufa, fornecendo novas alternativas e aprimorando o uso da energia para diversos outros fins.

2.2.2 EUROPA

Com as diversidades de necessidades e objetivos pelos diversos mercados de energia, a Europa enfrenta dificuldades no desenvolvimento do setor de redes inteligentes. Com o objetivo de superar os obstáculos e ter uma visão mais

unificada desta tecnologia para os europeus, em 2009 foi criada uma Força Tarefa para a implementação de projetos de redes inteligentes (SILVA, 2016).

Conduzida pela Internet das coisas, a população mundial já começa a sentir os efeitos da quarta revolução industrial utilizada na iluminação, na automação dos processos industriais e em eletrodomésticos. Conquistando cada vez mais espaços no mundo, e estando presente em diversos setores, essa nova tecnologia vem para facilitar a vida do ser humano, e este conceito é basicamente a conexão de todos os objetos utilizados em nosso dia-a-dia ligados à rede mundial de computadores. Atualmente muito difundida na Europa e nos Estados Unidos, vem sendo de extrema importância por meio da relação entre a rede e os eletrodomésticos, como o exemplo de geladeira, máquina de lavar e fogão inteligentes, lançados nos Estados Unidos pela Brastemp e Consul, que podem ser programados para serem utilizados de forma interativas entre si, e controlados por meio de sensores através de smartphones pelos usuários.

Estes sensores permitem a detecção de problemas com o produto, caso ocorram, e avisos enviados diretamente a assistência técnica, garantindo a ela o melhoramento ao atendimento e na comunicação com o cliente, e ao fabricante fornece a confiança e um padrão de aperfeiçoamento para o desenvolvimento de futuros produtos.

Para a qualidade e desenvolvimento dos processos tecnológicos da internet das coisas é necessário ter como bases as pessoas e os serviços atrelados a ele. As pessoas estarão sempre a frente do processo de tomadas de decisões, e os novos serviços de redes inteligentes fornecem o suporte para arquivar e processar todas as informações e conceder mais praticidade e auxílio aos consumidores, com informações mais ágeis e precisas (MOREIRA, 2016).

2.2.3 ÁSIA

Há também iniciativas de aprimoramento de estudos referentes as redes inteligentes em países asiáticos. Experiências da Coreia do Sul e da China cita-se como exemplo nesta pesquisa.

A evolução de redes inteligentes na Coreia do Sul é gerenciada pela empresa KEPCO - *Korea Electric Power Corporation* entre outras empresas de estudos na área. Por meio do projeto Power IT, a organização usa tecnologias de dados e comunicação efetuar a administração e monitoramento dos sistemas de distribuição de energia. Entre os países que mais evoluem economicamente no mundo, a China também tem cada vez mais elevada sua demanda por energia. A geração distribuída por meio de fontes renováveis é o meio utilizado pelo governo Chinês para complementar sua demanda energética. A *East China Power Grid Company*, em 2007, começou estudos para a verificação da viabilidade da evolução dos Sistemas Inteligentes no País. Observou-se a produção de equipamentos com elevada tecnologia e potencial para inovações. Efetuou-se o projeto para inserir as redes inteligentes inicialmente no leste da China, com a produção de centrais de gerenciamento de energia a partir de 2010, e posteriormente a comunicação e automação das redes de distribuição de energia até 2020, e por fim, a partir de 2030, a habilidade do sistema se auto recuperar já em andamento. (SARAIVA, 2012)

Nesta pesquisa, demonstram-se como exemplos mundiais os Estados Unidos, a Europa e a Ásia, por estarem entre as grandes potências mundiais de comércio de bens e riquezas que circulam no mundo, e conseqüentemente demandarem mais energia e investimentos em pesquisas na área.

2.2.4 BRASIL

Silva (2016) considera que a maioria das redes inteligentes no Brasil não possuem suporte regulatório, e são realizados como projetos de pesquisa e desenvolvimento. A publicação da Portaria MME nº 440, de 15 de abril de 2010, que criou um grupo de trabalho responsável por verificar as atividades que são relevantes para o pagamento do empreendimento de distribuição de energia elétrica e a instalação de um programa de brasileiro de rede inteligente, foi o primeiro ato a abrangência da importância desta tecnologia a realidade brasileira.

Do ponto de vista da qualidade do serviço, com base em estudos realizados no Brasil e em dados internacionais, sabe-se que os valores de indicadores coletivos de qualidade no Brasil estão aquém do observado no mundo. Os valores de interrupções de energia no Brasil variam entre 15h e 30h, já em outros

países como Europa, Coréia e Estados Unidos as perdas são de 2h a 10min, o que torna o Brasil com qualidade inferior aos outros países (CGEE, 2017).

Com muitas pessoas de poder aquisitivo inferior, habitando locais de difícil acesso para a distribuição de energia elétrica, o Brasil tem um elevado número de casos de furtos, problemas de perdas comerciais e de segurança. Neste contexto, manifesta-se a demanda de uma tecnologia que forneça controle e a gestão, sendo também economicamente viável. Interligando variados dispositivos como medidores, sensores, controladores e equipamentos micro processados instalados nos sistemas elétricos, as redes inteligentes transformaram e modernizaram o sistema de telecomunicação com o objetivo de gerenciar, monitorar e supervisionar este sistema (PASCALICCHIO, 2010).

Este tipo de estudo corrobora com o planejamento com foco no desenvolvimento tendo em vista que a energia nos dias atuais é condição para o crescimento econômico de qualquer nação.

2.3 TENDÊNCIAS

O Brasil passa por um momento de transformação, com investimentos privados para o desenvolvimento e aprimoramento de medidores, que são equipamentos primordiais para a efetivação de redes inteligentes de distribuição. As redes inteligentes asseguram uma distribuição elétrica com maior confiabilidade, interligando as pessoas da cadeia e proporcionando resoluções de problemas mais ágeis e de qualidade, como o consumo consciente e a geração sustentável. As *Smart Grids* geram economia de energia e identificam falhas nos sistemas de medição, dando ao gestor do sistema maior controle e praticidade para ajustar possíveis erros. A automação das redes inteligentes fornece benefícios ao meio ambiente, e colabora com a energética. Os custos com os equipamentos estão diminuindo, devido ao aumento da oferta no mercado (KAFRUNI, 2017).

A expansão da categoria de micro e mini geração distribuída dentro de pouco tempo chegará aos primeiros 100MW em capacidade instalada de geração, o que tem se mostrado como um alerta a perda de consumidores do setor de distribuição, com a redução concentrada na parcela B. As distribuidoras de energia têm a predisposição de passarem a ser prestadoras de serviços e preparar-se para o amanhã. Com as dúvidas e obstáculos ao planejamento se a quantidade de energia será suficiente para suprir a demanda com a mesma qualidade, as distribuidoras possuem a abertura para se reinventarem com o objetivo de prestar serviços. No Brasil, há a necessidade de desenvolvimento e alteração do setor de distribuição de energia elétrica prevendo as exigências das demandas futuras. Para contribuir para a dinâmica de transformação e evolução no mercado, há uma necessidade de alterações nas normas, que visem corroborar com este novo cenário de evolução das distribuidoras de energia (GODOI, 2017).

Como prevenção a futura demanda de energia exigida que seja o dobro da atual, os setores do ramo já estão realizando o desenvolvimento de recursos de distribuição, geração e transmissão de energia, para suprir o aumento do consumo que está por vir. As redes inteligentes auxiliam os clientes a controlar e identificar furtos na rede elétrica. Para garantir o retorno dos recursos investidos, é necessária uma reestruturação no setor elétrico, para que não ocorram perdas para as pessoas envolvidas (SCHETTINO, 2013).

Para o Empreendedor, a falta de metas e planejamentos gera incertezas quanto a modernização e futuro do segmento. Por este motivo, são essenciais os investimentos de redes elétricas inteligentes no país, de forma a evoluir em busca da melhoria contínua e satisfação do consumidor (SILVA, 2016).

As Redes Inteligentes ou *Smart Grids*, são classificadas como uma grande rede elétrica que interliga e fornece autonomia a consumidores. Quem a utiliza pode gerar energia através de fontes de energias renováveis, como geradores elétricos e painéis solares. Atualmente as redes inteligentes estão tendo muitos obstáculos em seu percurso, com segurança, administração e questões ambientais. A organização da *Smart Grid*, confrontada com as redes de energia tradicionais, serão transformadas para que todas as empresas possam ser consumidoras e produtora, com foco para as redes de distribuição de energia renováveis (FANG et al., 2012).

Segundo CGEE (2017), nas previsões para o ano de 2050, a distribuição de energia elétrica deve permanecer sendo um monopólio regulado, com o pagamento das distribuidoras baseada em preço-teto ou receita-teto com o princípio de instrumentos de incentivo à qualidade. No que diz respeito ao mercado de distribuição de energia elétrica regulado, é imprescindível a exata definição de padrões de qualidade, para que as empresas distribuidoras possam reinvestir seus lucros para assegurar um aumento de lucratividade futura.

Entre as qualidades das novas tecnologias em redes inteligentes estão às capacidades de integrar as redes elétricas da geração distribuídas a fontes renováveis como matrizes fotovoltaicas, turbinas eólicas de pequeno porte, geradores de energia de calor e micro hidro geradores; depósito de energia introduzido a geração distribuída e ao balanceamento de carga energética; e prevenção de falhas na rede. Com o melhoramento contínuo das redes inteligentes, são previstos redução dos custos dos consumidores e redução das emissões de gás carbônico (GARCIA et al., 2012).

As tendências nos apontam as direções futuras que as redes inteligentes poderão tomar, e nos mostram a preocupação global pelo desenvolvimento sustentável e como os investimentos nessa tecnologia poderá corroborar na busca de avanços econômicos, sociais e ecológicos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia é relevante para a pesquisa científica, demonstrando a base da pesquisa e uma referência para o relatório escrito, mostrando coerência com os objetivos delimitados ao trabalho, contribuindo para selecionar as diretrizes e teorias. O objetivo principal do trabalho é conquistar o conhecimento e atingir o saber, da forma mais ampla e que alcance o maior número de objetivos possíveis.

3.1 NATUREZA E TIPO DE PESQUISA

A mente humana é demasiadamente seletiva, o que cada pessoa escolhe para si depende de sua personalidade e de sua cultura. Para que a pesquisa esteja adequada, é necessário que haja planejamento para determinar o que e como será observado, determinando também a relação de tempo e espaço (LUDKE, 1986)

Trata-se de uma pesquisa quantitativa de caráter exploratório e descritiva. Com prioridade nas categorias, os estudos quantitativos dão foco ao trabalho analítico, geralmente demonstrado em textos narrativos. Reexaminado e alterado no decorrer do estudo, na pesquisa qualitativa, são verificadas as melhores possibilidades de se atingir os valores mais amplos e de maior relevância, usualmente exposto em tabelas e gráficos. Para a realização de um projeto de pesquisa, é necessária a determinação do problema a ser estudado, para que o conteúdo do trabalho esteja de acordo com seus objetivos.

De acordo com o problema definido, é possível verificar dentre análises de dados, qual delas se adéqua ao foco do estudo. Geralmente os estudos levantamentos de dados tendem a ser qualitativos, que segundo Gil (2002), suas características são:

- Redução de dados: Na qual ocorre a escolha, simplificação e alteração das informações para que sejam manuseadas de acordo com o objetivo do trabalho;
- Categorização de dados: É efetuada a organização dos dados;
- Interpretação dos dados: Para a valorização da pesquisa, é necessária que o relatório adicione algo a mais ao que já se tem conhecimento. Para isso, é necessário um estudo mais aprofundado sobre o tema e buscar dados adicionais para complementar a pesquisa;

- Redação do relatório: O autor da pesquisa possui mais liberdade para escrever amplamente sobre o assunto do relatório, estando consciente de que a escrita precisa ter objetividade, clareza e concisão.

De acordo com os objetivos de pesquisas, os estudos podem ser classificados em descritivos, exploratórios e explicativos. Geralmente para levantamento de dados, as pesquisas descritivas utilizam questionários e observações sistemáticas, e consistem em expor individualidade de fenômenos, população ou estabelecimento de conexões entre variáveis. Visando a evolução de ideias ou descobertas a instituições, as pesquisas exploratórias utilizam-se dos mais diversos fatores para suas conclusões, com planejamento flexível e aprimorado no decorrer do estudo. Normalmente são realizados entrevistas, levantamentos bibliográficos e análises de exemplos. As pesquisas explicativas têm como objetivo caracterizar as variáveis que contribuem para a realização de fenômenos, ampliando os estudos sobre a realidade, esclarecendo as causas de determinados acontecimentos (GIL, 2002)

Baseado em Marconi e Lakatos (2003), nas pesquisas exploratórias são empregadas as finalidades de estudar teorias, alterar e esclarecer conceitos, e ampliar a intimidade do pesquisador com o assunto a ser estudado, onde são adquiridas descrições qualitativas ou quantitativas, e efetuadas correlações.

Conforme as descrições dos autores sobre os tipos de análises, a análise utilizada neste trabalho de conclusão de curso é um estudo bibliométrico e de revisão bibliográfica com a análise qualitativa, descritiva e exploratória referentes as Redes Inteligentes de distribuição de energia elétrica, da qual serão coletados os dados e estudados de forma ampla, a fim de que trazer conclusões sobre o setor de telemetria e contribuir para o conhecimento das tendências de demanda do mercado.

Os *inputs* (insumos) e os *outputs* (produtos) são utilizados como indicadores para produção científica. Conforme Polbación e Oliveira (2006) o *input* é uma junção de variáveis que permitem o trabalho de selecionada quantidade de bens e serviços (output). Portanto, os inputs são as bases essenciais ao estudo científico, e a pesquisa dos outputs seria o cálculo dos produtos. A praticidade a coleta de pesquisas científicas em cada país através de indexadores eletrônicos justifica a nossa opção metodológica fundamentada na execução de um estudo de dados de *outputs*, por meio de análises técnicas do documento artigo científico. Um

artigo pode oferecer dois tipos de dados, um afiliado a ideia do autor, e outro associado a junção de dados técnicos utilizados na explanação e na caracterização do documento (palavras chave, autoria, número de páginas, etc.).

Atualmente há uma infinidade de pesquisas nas diversas áreas de conhecimento, que se beneficiam como alicerce de coleta, as maiores bases de informações, como a *Web of Science*®.

A intenção de esquematização no campo das redes inteligentes é o entendimento da área, com o objetivo de compreender as redes inteligentes na conduta do cenário mundial, e como a multidisciplinaridade está presente neste campo do conhecimento. Para isso, opera-se com cinquenta relatores ligados à área. A forma de seleção dos artigos na base de dados do *Web of Science*® ocorreu por meio dos seguintes métodos de procura:

- 1) Pesquisar os relatores no campo das palavras-chave
- 2) Selecionar somente artigos científicos com mais de 100 citações
- 3) Sem recorte temporal

A opção do campo das palavras-chave ocorreu por ser o que apresenta associação exata com a conjuntura do artigo. O acesso a base de dados do *Web of Science*® é limitado, por ser um site pago, os artigos foram recuperados do acesso ao site dentro da universidade. Todos os artigos coletados são de língua inglesa, onde foi efetuada a tradução e leitura em grande medida dos mesmos.

O presente estudo está separado em dois momentos, sendo o primeiro com enfoque para a contextualização mundial das redes inteligentes, e em um segundo momento os indicadores pesquisados foram organizados por categorias, e por meio destas, estão as características significativas apontadas e as sugestões de análises desses dados.

1) Temporalidade

- Palavra-chave – principal termo usado como base na pesquisa das informações, buscando-se por “redes inteligentes”, dividido nas categorias teórico e empírico.

A formação de indicadores destes fatores nos permitiu: 1) compreender num todo como o setor reage através do tempo; 2) entender como as classificações e os fatores dentro dela se reagem com o tempo.

2) Temática

- Palavras-chave do autor – descritores escolhidos pelo autor
- Palavras-chave do indexador: relatores escolhidos pelos indexadores da base de dados

As pesquisas dessas características foram utilizadas como base para: 1) identificar os temas inseridos das subáreas: i) Sociais e Humanidades; ii) física; iii) Matemática; iiiii) Engenharia 2) verificar as inter-relações entre os temas secundários (constituídas por palavras-chave do autor e do indexador) com o assunto principal.

3) Autoria

- Nomes dos autores;
- Tipo de autoria – individual ou coletiva

Com a verificação destes fatores foi possível: 1) indicar a presença de experts na área; 2) identificar os trabalhos científicos

4) Periódicos

- Nome do periódico científico
- Setor do conhecimento associado ao periódico

Propõe-se: 1) ordenar os periódicos do maior ao menor número de publicações 2) analisar em quais áreas do conhecimento pertencem esses periódicos.

3.2 APRESENTAÇÃO DA BASE DE DADOS WEB OF SCIENCE®

A *Web of Science*® foi por muito tempo a principal escolha de alicerce para pesquisas de análises de trabalhos científicos no mundo, porque possibilitava selecionar informações em larga escala, colaborando com diversos estudos bibliométricos.

A estudo deste trabalho baseia-se nos artigos sobre Redes Inteligentes publicados no site *Web of Science*® no período de 2009 a 2018, em que foram

selecionados os artigos com mais de 100 citações disponíveis para consulta neste período.

Tomando como ponto de partida a definição de JOSE, DIAS, & TRALDI, 2002, que afirmam que a monografia é a arte de redigir cientificamente sobre um problema específico sobre determinado assunto, a escolha dos artigos objeto desta pesquisa foi delimitada pela procura de artigos do Web of Science® que abrangem o tema nas diversas partes do trabalho (título, resumo, palavras-chave, texto, etc)

O *Web of Science*® é um serviço de indexação de citações científicas online, que dispõe de uma pesquisa elevada de citações, fornecendo acesso a vários bancos de dados que executam a fundamentação da pesquisa interdisciplinar, concedendo a investigação em profundidade em áreas específicas dentro de uma disciplina científica ou acadêmica.

3.3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Conforme Marconi e Lakatos (2003), na observação sistemática o pesquisador define o que buscar e o que precisa ser tratado com prioridade em cada contexto, deve ter um objetivo e verificar prováveis incoerências e excluí-las do material coletado para a análise. Diversos instrumentos são usados no estudo sistemático, como quadros, anotações, dispositivos mecânicos, escalas, etc.

A pesquisa bibliográfica tem como primordial benefício fornecer ao observador mais abrangência de fenômenos maior do que o tema estudado diretamente. Ele é vital para as pesquisas históricas, sendo que, em diversos episódios, não há outra forma de compreender acontecimentos passados sem o auxílio de estudos bibliográficos. (GIL, 2002)

Segundo Marconi e Lakatos (2003), o estudo bibliográfico engloba bibliografias já publicadas de acordo com o tema da pesquisa. Sua finalidade é fornecer ao observador todos os tipos de estudos já realizados sobre o objeto de pesquisa, proporcionando auxílio na análise de suas pesquisas ou o gerenciamento de suas informações. Contudo, a pesquisa bibliográfica não se torna uma mera cópia das obras já publicadas, mas fornece o temo sobre uma nova ótica de interpretação, com finalizações inovadoras.

De acordo com Jose, Dias, e Traldi, (2002), a pesquisa bibliográfica objetiva descrever um problema fundamentado em contribuições teóricas divulgadas

em documentos como livros, revistas e jornais, e não por meio de fatos de pessoas ou experimentos. Há possibilidade de ser executada de forma independente ou agregada aos demais tipos de pesquisas.

3.4 CRITÉRIOS E TERMOS DE BUSCA

Nesta seção apresenta-se os procedimentos que embasaram a pesquisa e a coleta dos periódicos na base de dados *Web of Science*®.

O critério de coleta dos periódicos selecionados neste estudo foi a recuperação dos artigos científicos por meio das palavras-chave. Esta seleção torna-se significativa, pois o campo das palavras-chave é o único que demonstra os principais temas ou observações de um periódico. Então foram escolhidos alguns descritores, na intenção de representar a área das redes inteligentes, que serão utilizados como base na recuperação dos documentos.

A seleção dos descritores é um procedimento de extrema importância, pois eles são responsáveis pelas informações dos documentos a serem estudados. O método de critério desses periódicos deu-se em dois momentos: i) no primeiro momento, a partir de uma revisão de literatura da área, onde foram escolhidos quarenta descritores; ii) o segundo momento, onde foi utilizada a palavra-chave dos artigos coletados no momento anterior, selecionando periódicos mais recentes, resultando em dez artigos.

Dessa forma, chega-se a um total de cinquenta descritores que constituem nossa base de recuperação dos registros na base de dados, conforme Apêndice 1.

Com a finalidade de obter a melhor apresentação dos gráficos, os descritores foram organizados em duas categorias objetivando uma leitura mais inteligível. Dessa forma, categoriza-se os descritores em: 1) Estudos Teóricos; 2) Estudos Empíricos. A categorização foi essencial devido ao grande volume de descritores, aos quais sem as classificações, acabariam delimitando a representação dos resultados nos gráficos e tabelas.

3.4.1 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas estão classificadas em categorias, e dentro destas categorias os itens a serem observados e as sugestões de análises desses dados.

3.4.1.1 Temática

Descritores – principais termos utilizados como referência de busca na base de dados, divididos em: teóricos e empíricos.

- Palavras-chave do autor - descritores escolhidos pelo autor;
- Palavras-chave do indexador – descritor escolhido pela base de dados;
- A pesquisa desses itens nos dará base para:

1) destacar a quantidade de artigos coletados a partir dos artigos com mais de 100 citações publicadas;

2) expor os temas que foram ou ainda estão sendo debatidas dentro do campo das redes inteligentes;

3) analisar as correlações entre as temáticas secundárias, compostas pelas categorias.

3.4.1.2 Autoria

- Nomes dos autores;
- Tipo de autoria – individual ou coletiva

Com a verificação destes fatores foi possível: 1) indicar a presença de experts na área; 2) identificar os trabalhos científicos 3) identificar os tipos de colaborações científicas, delimitadas em: mesma instituição; instituições diferentes, mas do mesmo país; instituições e países diferentes.

3.4.1.3 Instituição de Ensino e Pesquisa

- Nome da Instituição de Ensino e Pesquisa;

Origem geográfica – país da Instituição de Ensino e Pesquisa ao qual os autores possuem vínculo;

- O estudo desses itens nos possibilitará: 1) fazer um ranking das Instituições com mais publicações associadas a ela; 2) correlacionar essas

instituições por área geográfica a fim de localizar países que mais auxiliam com publicações na área.

3.4.1.4 Periódicos

- Nome do periódico científico.
Setor do conhecimento associado ao periódico;
- Propõe-se: 1) ordenar os periódicos do maior ao menor número de publicações 2) analisar em quais áreas do conhecimento pertencem esses periódicos.

3.4.1.5 Critérios de busca

Os critérios de busca utilizados dentro da base de dados *Web of Science*® são:

- Efetuada a pesquisa simples por periódicos;
- Foi delimitado somente para artigos científicos, que em sua grande maioria possuem relevância no conteúdo, e são considerados o principal meio de propagação do conhecimento científico;
- A procura não obtém recorte temporal. Foi proposto mapear o campo desde a sua existência, e verificar os periódicos mais citados;
- A busca ocorreu em todas as áreas do conhecimento, pois compreende-se há interconexão do campo da Economia com as outras áreas do conhecimento.

Foi pesquisado na base de dados científica *Web of Science*®, primeiramente artigos científicos por meio da palavra-chave “Smart Grid”, sem corte temporal, e buscando pelos artigos mais citados. Segundamente, foi efetuada uma nova busca por artigos mais recentes, utilizando-se a mesma palavra-chave “Smart Grid”. Após a seleção, foram eliminados os periódicos que não possuíam em sua estrutura a temática desenvolvida neste trabalho. No total, foram escolhidos 50 artigos, contidos no quadro 3, em que foi feita a leitura dos periódicos com a finalidade de analisar possíveis fatores parecidos ou divergentes nestes trabalhos científicos.

3.4.1.6 Recuperação dos dados

Depois efetua-se a busca através da palavra chave “*Smart Grid*”, começa-se com o procedimento de coleta dos dados. O processo de recuperação e transformação dos dados, da base para um arquivo no computador foram:

- A base selecionada para a coleta dos periódicos foi a *Web of Science*®, por ser uma das bases mundiais mais reconhecidas em documentos científicos
- A fonte possui uma opção de marcação para seleciona-se os artigos científicos mais citados.
- Depois de escolhidos os periódicos, todos foram salvos para análise

3.4.1.7 Tratamento dos dados

Na organização das informações, foram inseridas relações binárias entre os descritores e a associação direta com a palavra-chave, dentro do artigo selecionado. Os artigos foram numerados de 01 a 50, e caracterizados por:

- Título em língua portuguesa
- Título em língua inglesa
- Teórico ou empírico
- Explicativo, descritivo ou exploratório
- Número de citações
- Ano de publicação
- Universidade
- País
- Local de publicação.

Os periódicos foram traduzidos em sua grande parte da língua inglesa de origem, para a língua portuguesa. Com os artigos traduzidos, foram modelados os parágrafos com a finalidade de conter o objetivo, e metodologia e a conclusão de cada pesquisa científica. Após a análise dos cinquenta periódicos, os mesmos foram subdivididos por assimilação em nas categorias amplas abaixo:

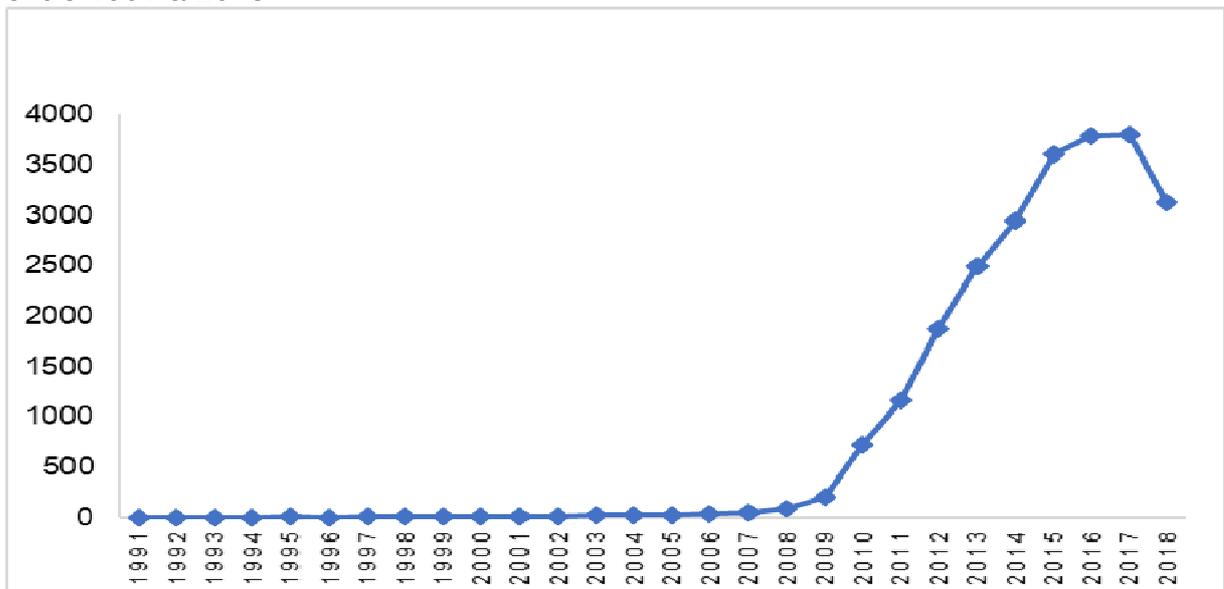
- Contextualização do Smart Grid pelos autores selecionados
- Segurança
- Entendimento sobre desenvolvimento sustentável em Redes Inteligentes
- Importância econômica nos sistemas de Redes Inteligentes

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PANORAMA DAS REDES INTELIGENTES

Os fatores estudados que estruturam um entendimento amplo dentro do campo das Redes Inteligentes por meio dos trabalhos científicos da área são organizados por sete componentes: tempo, autoria, instituições, periódicos países, língua e auxílios científicos. Com a pesquisa destas categorias, obtém-se fundamentos para a compreensão mundial do desenvolvimento das Redes Inteligentes.

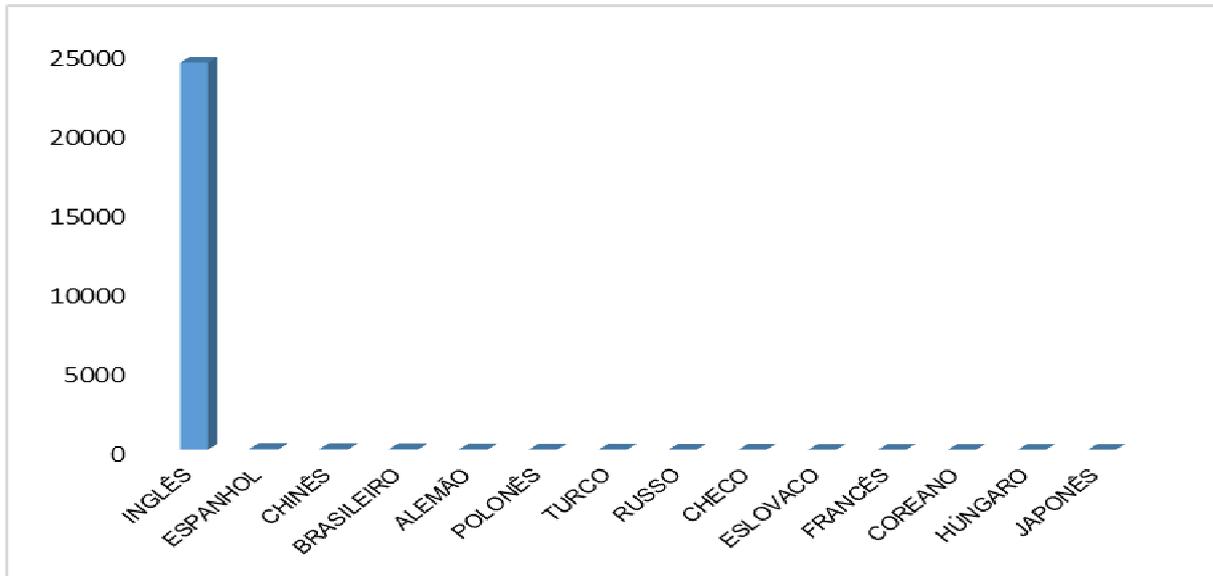
Gráfico 1– Estudos das Redes Inteligentes – Evolução das publicações no tempo entre 1991 a 2018



Fonte: Web of Science®, 2019

Como apresentado no gráfico 1, o desenvolvimento das tecnologias no mundo é acompanhado pela quantidade de trabalhos científicos que veio crescendo ao longo dos anos, contribuindo com as evoluções da temática.

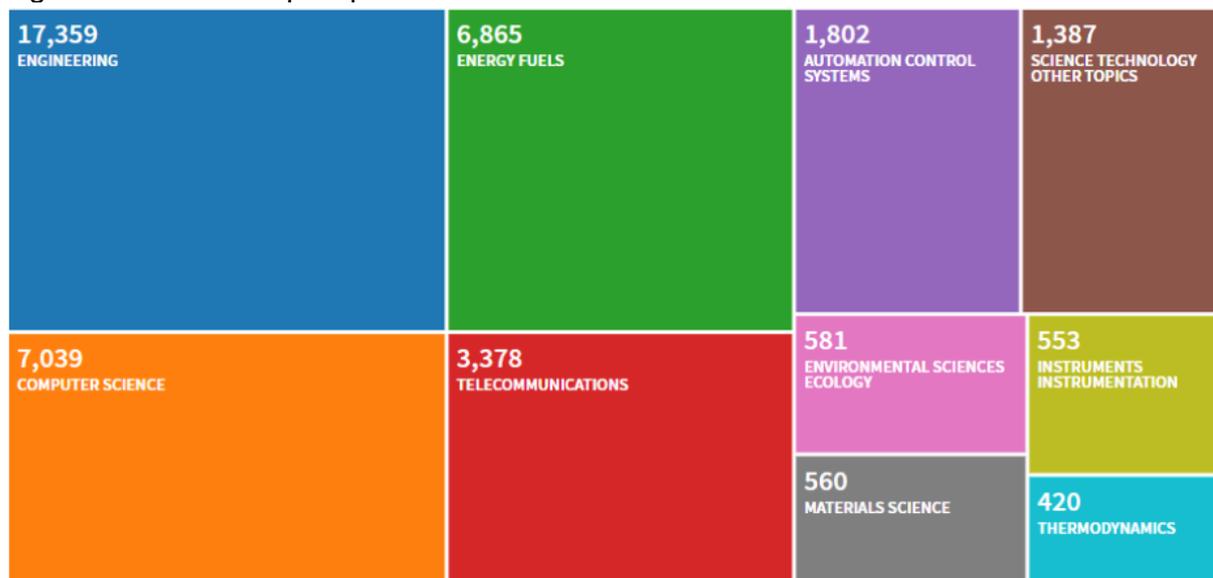
Gráfico 2 – Idiomas com mais trabalhos científicos de 2009 a 2018 publicados sobre o tema.



Fonte: Web of Science®, 2019

De acordo com o gráfico 2, o idioma que mais obtém periódicos publicado sobre redes inteligentes é o inglês. Este índice nos revela qual o país tem mais interesse no assunto, qual o país faz mais pesquisas e desenvolvimentos na área, e que assunto é de extrema importância para os estudiosos ingleses. Nas outras línguas não foram evidenciados número significativos.

Figura 1 - Áreas de pesquisa



Fonte: Web of Science®, 2019

Segundo a imagem extraída do Wef of Science®, dos 24.616 registros de tópicos com a palavra-chave Smart Grid, as áreas de pesquisa que mais se destacam são a engenharia, ciência da computação, combustíveis de energia, telecomunicação, sistemas de controle de automação, ecologia de ciências ambientais, ciência de material, instrumentos de instrumentação, ciência de tecnologia e termodinâmica.

4.2 PANORÂMA DOS ARTIGOS SELECIONADOS

As nuvens de palavras oferecem de forma organizada a visualização de um determinado trecho de um texto de um website, em que através delas obtém-se as palavras mais utilizadas ou de maior relevância para o conteúdo descrito. Na imagem 2 abaixo vem uma nuvem de palavras que contempla os resumos dos 50 artigos selecionados neste trabalho científico.

Após a análise dos artigos selecionados, vemos que 60% dos resultados são de pesquisas exploratórias, 26% dos estudos são estudos descritivos e 14% são pesquisas explicativas. Na categorização entre teóricos e empíricos, 62% das pesquisas são teóricas e 38% das pesquisas são empíricas.

4.3 ARTIGOS SELECIONADOS

Os resultados apresentaram primeiramente que no Brasil as redes inteligentes possuem poucos trabalhos científicos publicados em comparação com o contexto mundial. No mundo, foram mostrados 24.616 registros de tópicos contidos nos artigos se pesquisados pela palavra-chave *Smart Grid*. Nas duas seleções, entre os artigos mais citados, e os artigos mais recentes, nenhum dos 50 artigos analisados são brasileiros. No quadro 1, os periódicos estão organizados de acordo com o maior número de citações e todos os artigos, havendo ou não citações realizadas nos mesmos, foram todos verificados.

Figura 3 - Pesquisa Web of Science®

The screenshot shows the Web of Science search results for 'Smart Grid'. The search results are displayed in a list format. The first result is 'Energy Storage in Distribution System Planning and Operation: Current Status and Outstanding Challenges' by Awadallah, Mohamed A.; Venkatesh, Bala, published in the Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering. The second result is 'Droop-Controlled Rectifiers That Continuously Take Part in Grid Regulation' by Zhong, Qing-Chang; Lyu, Zijun, published in IEEE Transactions on Industrial Electronics. The page also shows the number of citations for each article and the total number of results.

Fonte: dados da pesquisa

O quadro 2 foi elaborado com a intenção de apresentar dados gerais, relativas aos nomes dos periódicos, os títulos das revistas com o tema, autores e o ano de publicação.

Quadro 2 - Periódicos referentes a busca “Smart Grid” no mundo sem recorte temporal

ORDEM	TÍTULO	REVISTA	AUTOR	ANO
1	The Path of the Smart Grid	IEEE POWER & ENERGY MAGAZINE	Hassan Farhangi	2010
2	Autonomous Demand-Side Management Based on Game-Theoretic Energy Consumption Scheduling for the Future Smart Grid	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Amir-Hamed Mohsenian-Rad	2010
			Vincent W. S. Wong	
			Juri Jatskevich	
			Robert Schober	
			Alberto Leon-Garcia	

3	Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards	IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS	Vehbi C. Güngör	2011
			Dilan Sahin	
			Taskin Kocak	
			Salih Ergüt	
			Concettina Buccella	
			Gerhard P. Hancke	
4	Smart Grid – The New and Improved Power Grid: A Survey	IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS	Xi Fang	2012
			Satyajayant Misra	
			Guoliang Xue	
			Dejun Yang	
5	Demand response and smart grids—A survey	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Pierluigi Siano	2014
6	Energy Management and Operational Planning of a Microgrid With a PV-Based Active Generator for Smart Grid Applications	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS	Hristiyan Kanchev	2011
			Di Lu	
			Frederic Colas	
			Vladimir Lazarov	
			Bruno Francois	
7	A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS	V. Cagri Gungor	2013
			Dilan Sahin	
			Taskin Kocak	
			Salih Ergut	
			Concettina Buccella	
			Carlo Cecati	
			Gerhard P. Hancke	
8	Real-Time Coordination of Plug-In Electric Vehicle Charging in Smart Grids to Minimize Power Losses and Improve Voltage Profile	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Sara Deilami	2011
			Amir S. Masoum	
			Paul S. Moses	
			Mohammad A. S. Masoum	
9	4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems	ENERGY	Henrik Lund	2014
			Sven Werner	
			Robin Wiltshire	
			Svend Svendsen	
			Jan Eric Thorsen	
			Frede Hvelplund	
			Brian Vad Mathiesen	
10	A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges	IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS	Ye Yan	2013
			Yi Qian	
			Hamid Sharif	
			David Tipper	
11	Demand Response as a Market Resource Under the Smart Grid Paradigm	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Farrokh A. Rahimi	2010
			Ali Ipakchi	
12	Security and Privacy Challenges in the Smart Grid	IEEE SECURITY & PRIVACY	Patrick McDaniel	2009
			Stephen McLaughlin	
13	A Reliability Perspective of the Smart Grid	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Khosrow Moslehi	2010
			Ranjit Kumar	

14	Demand side management in Smart Grid using heuristic optimization	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Thillainathan Logenthiran	2012
			Dipti Srinivasan	
			Tan Zong Shun	
15	Smart Transmission Grid: Vision and Framework	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Fangxing Li	2010
			Wei Qiao	
			Hongbin Sun	
			Hui Wan	
			Jianhui Wang	
			Yan Xia	
			Zhao Xu	
			Pei Zhang	
16	Cyber-Physical System Security for the Electric Power Grid	PROCEEDINGS OF THE IEEE	Siddharth Sridhar	2012
			Adam Hahn	
			Manimaran Govindarasu	
17	Cyber-Physical Security of a Smart Grid Infrastructure	PROCEEDINGS OF THE IEEE	Yilin Mo	2012
			Tiffany Hyun-Jin Kim	
			Kenneth Brancik	
			Dona Dickinson	
			Heejo Lee	
			Adrian Perrig	
			Bruno Sinopoli	
18	A Survey on the Electrification of Transportation in a Smart Grid Environment	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS	Wencong Su	2012
			Habiballah Rahimi-Eichi	
			Wente Zeng	
			Mo-Yuen Chow	
19	Optimal Real-time Pricing Algorithm Based on Utility Maximization for Smart Grid	IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART GRID COMMUNICATIONS	Pedram Samadi	2010
			Robert Schober	
			Juri Jatskevich	
20	Game-theoretic Methods for the Smart Grid	IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE	Walid Saad	2011
			Zhu Han	
			H. Vincent Poor	
			Tamer Basar	
21	Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges	COMPUTER NETWORKS	Wenye Wang	2013
Zhuo Lu				
22	Electric vehicles and the electric grid: A review of modeling approaches, Impacts, and renewable energy integration	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	David B. Richardson	2013
23	Management and Control of Domestic Smart Grid Technology	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Albert Molderink	2010
			Vincent Bakker	
			Maurice G. C. Bosman	
			Johann L. Hurink	
			Gerard J. M. Smit	
24	Advanced Demand Side Management for the Future Smart Grid Using Mechanism Design	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Pedram Samadi	2012
			Hamed Mohsenian-Rad	
			Robert Schober	

			Vincent W. S. Wong	
25	Towards Intelligent Communications from Machine to Machine in Smart Grids	IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE	Zubair Md. Fadlullah	2011
			Mostafa M. Fouda	
			Nei Kato	
			Akira Takeuchi	
			Noboru Iwasaki	
			Yousuke Nozaki	
26	Demand response in smart grids equipped with renewable energy sources: a review	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Jamshid Aghaei	2013
			Mohammad-ImanAlizadeh	
27	From intelligent electricity grids to intelligent energy systems and A market operation based approach and understanding	ENERGY	Henrik Lund	2012
			Anders N. Andersen	
			Poul Alberg Østergaard	
			Brian Vad Mathiesen	
			David Connolly	
28	Security Technology for Smart Grid Networks	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Anthony R. Metke	2010
			Randy L. Ekl	
29	Smart Operation of Smart Grid: Risk-Limiting Dispatch	PROCEEDINGS OF THE IEEE	Pravin P. Varaiya	2011
			Felix F. Wu	
			Janusz W. Bialek	
30	Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions	APPLIED ENERGY	B.V. Mathiesen	2015
			H. Lund	
			D. Connolly	
			H. Wenzel	
			P.A. Østergaard	
			B. Möller	
			S. Nielsen	
			I. Ridjan	
			P. Karnøe	
			K. Sperling	
			F.K. Hvelplund	
31	Smart Grid Security Issues	IEEE SECURITY & PRIVACY	Himanshu Khurana	2010
			Mark Hadley	
			Ning Lu	
			Deborah A. Frincke	
32	Wireless Sensor Networks for Cost-Efficient Residential Energy Management in the Smart Grid	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Melike Erol-Kantarci	2011
			Hussein T. Mouftah	
33	Dependable Demand Response Management in the Smart Grid: A Stackelberg Game Approach	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Sabita Maharjan	2013
			Quanyan Zhu	
			Yan Zhang	
			Stein Gjessing	
			Tamer Başar	
34	Battery Management System	IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS MAGAZINE	Habiballah Rahimi-Eichi	2013
			Unnati Ojha	
			Federico Baronti	
			Mo-Yuen Chow	

35	A Survey on Demand Response Programs in Smart Grids: Pricing Methods and Optimization Algorithms	IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS	John S. Vardakas	2015
			Nizar Zorba	
			Christos V. Verikoukis	
36	Consensus Based Approach for Economic Dispatch Problem in a Smart Grid	IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS	Shiping Yang	2013
			Sicong Tan	
			Jian-Xin Xu	
37	Energy-Efficient Information and Communication Infrastructures in the Smart Grid: A Survey on Interactions and Open Issues	IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS	Melike Erol-Kantarci	2015
			Hussein T. Mouftah	
38	Cognitive Radio for Smart Grids: Survey of Architectures, Spectrum Sensing Mechanisms, and Networking Protocols	IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS	Athar Ali Khan	2016
			Mubashir Husain Rehmani	
			Martin Reisslein	
39	A review on artificial intelligence based load demand forecasting techniques for smart grid and buildings	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Muhammad Qamar Raza	2015
			Abbas Khosravi	
40	Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Kang Miao Tan	2016
			Vigna K. Ramachandaramurthy,	
			Jia Ying Yong	
41	On heat pumps in smart grids: A review	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	David Fischera	2017
			Hatef Madanib	
42	A Hybrid Genetic Wind Driven Heuristic Optimization Algorithm for Demand Side Management in Smart Grid	ENERGIES	Nadeem Javaid	2017
			Sakeena Javaid	
			Wadood Abdul	
			Imran Ahmed	
			Ahmad Almogren	
			Atif Alamri	
43	Smart energy and smart energy systems	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Henrik Lund	2017
			Poul Alberg Østergaard	
			David Connolly	
			Brian Vad Mathiesen	
44	Demand side management in a smart micro-grid in the presence of renewable generation and demand response	ENERGY	G.R. Aghajani	2017
			H.A. Shayanfar	
			H. Shayeghi	
45	Consensus-Based Energy Management in Smart Grid With Transmission Losses and Directed Communication	IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID	Chengcheng Zhao	2017
			Jianping He	
			Peng Cheng	
			Jiming Chen	
46	Review and classification of barriers and enablers of demand response in the smart grid	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Nicholas Good	2017
			Keith A. Ellis	
			Pierluigi Mancarella	
47	A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets	COMPUTER SCIENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT	Esther Mengelkamp	2018
			Benedikt Notheisen	
			Carolin Beer	
			David Dauer	
48	Smart transactive energy framework in grid-connected multiple	RENEWABLE ENERGY	Christof Weinhardt	2018
			Mousa Marzband	

	home microgrids under independent and coalition operations		Fatemeh Azarnejadian	
			Mehdi Savaghebi	
			Edris Pouresmaeil	
			Josep M. Guerrero	
			Gordon Lightbody	
49	Computational Intelligence Approaches for Energy Load Forecasting in Smart Energy Management Grids: State of the Art, Future Challenges, and Research Directions	ENERGIES	Seyedeh Narjes Fallah	2018
			Ravinesh Chand Deo	
			Mohammad Shojaifar	
			Mauro Conti Shahaboddin Shamshirband	
50	Smart operations of smart grids integrated with distributed generation: A review	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	Sandeep Kakran	2018
			Saurabh Chanana	

Fonte: dados da pesquisa

Dentre os cinquenta artigos analisados, a Revista *IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID* mostra maior número de periódicos da temática, e todos os artigos estão escritos em língua inglesa. Observa-se que referentes ao ano de publicação dos artigos apresentados, 2010 foi o ano de maior quantidade de publicações em um total de 9 artigos.

Depois desta primeira caracterização, foram efetuadas leituras dos periódicos escolhidos para a compreensão dos pontos significativos, divergentes e semelhantes com a finalidade de verificar a relevância das redes inteligentes em um contexto mundial.

Nesta categoria, foram verificadas de que forma os periódicos escolhidos constituem a temática da *Smart Grid* referente ao mundo. Analisou-se os 50 periódicos selecionados nos quais foram lidos em grande parte os que possuíam a temática trabalhada em seu conteúdo. As verificações dos artigos foram realizadas de acordo com o efeito das informações abordadas, tendo-se como referência a maior quantidade de citações presentes até o momento da pesquisa, e os mesmos foram subdivididos por assimilação.

Nas divisões abaixo foram relacionados por similaridades os estudos científicos que contemplavam a contextualização do Smart Grid pelos autores selecionados, a relevância da segurança das redes inteligentes, o entendimento sobre desenvolvimento sustentável e a importância econômica nos sistemas de redes inteligentes.

4.3.1. Contextualização do Smart Grid pelos autores selecionados

Para Hassan Farhangi (2010) com um elevado custo de energia e a extensão da eletrificação diariamente utilizada pela sociedade, é inegável a transformação que as tecnologias terão de enfrentar para acompanhar a evolução mundial, onde estudos estão sendo realizados para facilitar essa transição.

Rahimi e Ipakchi (2010) ressaltam que a demanda de resposta é um ingrediente importante da rede inteligente, promovendo tanto eficiência quanto a confiabilidade operacional. Se executado corretamente, ajuda a minimizar o poder do mercado de aprovisionamento face à falta de ofertas e melhorar a confiabilidade operacional em relação à abundância de geração variável.

De acordo com Fadlullah, Fouda, Kato, Takeuchi, Iwasaki e Nozaki (2011), há uma extensa variedade de tecnologias de comunicação existentes que pode ser adotado para comunicação de máquina para máquina em Redes Inteligentes. A tecnologia de máquina para máquina usa um sensor aplicado remotamente para coletar dados do fenômeno desejado, os dados são tratados e analisados, sendo utilizados para conforme o objetivo do software configurado, onde as informações são enviadas de forma sem fio para uma rede, e são roteados para a um servidor na Internet.

Conforme Güngör, Sahin, Kocak, Ergüt, Buccella, Cecati e Hancke (2011), podemos obter através de pesquisas já efetuadas um olhar atual das comunicações em rede inteligente. As informações coletadas das remotas relativas as falhas de equipamentos, limitações da capacidade e acidentes naturais são essências para assegurar a proatividade em tempo real para resolução de problemas, afirmando a eficiência das redes inteligentes.

Logenthiran, Srinivasan e Tan Zong Shun (2012) apresentam a importância de um gerenciamento do lado da demanda estratégia baseada na técnica de load shifting, que consiste no deslocamento de carga para armazenar energia e usá-la em um estágio posterior, prevendo a demanda de gestões futuras.

De acordo com Siano (2013) com estes benefícios, a integração de dispositivos de armazenamento, geração distribuída e demanda automatizada traz flexibilidade e complexidade complementares adicionais, que facilitam o controle de processos e nas tomadas de decisões, com o apoio de tecnologias e procedimentos inovadores.

Segundo Fang, Misra, Xue e Yang (2012), é possível melhorar a eficiência energética, criar perfis de demanda, maximizar a utilidade, minimizar custos e controlar as emissões de gases poluentes e mecanismos de proteção contra falhas através dos estudos aprimorados sobre as redes inteligentes. O surgimento do “Smart Grid” induzirá a um futuro mais respeitador do meio ambiente, com qualificados serviços de fornecimento de energia e, eventualmente, revolucionará vidas.

Segundo Gungor, Sahin, Kocak, Ergut, Buccella, Cecati e Hancke (2013) as tecnologias avançadas e aplicações fornecidas pela rede inteligente irão reduzir os comportamentos de consumo de energia dos consumidores e uma considerável redução no consumo de energia será alcançada.

Conforme Vardakas, Zorba e Verikoukis (2015), a Demanda de resposta é considerada a solução mais rentável e segura para a suavização da curva de demanda. A demanda de resposta é inserida para incentivar transformações no consumo de energia dos usuários, em resposta a incentivos aos valores da eletricidade. Os principais fatores que devem ser observados na otimização do problema são as restrições do sistema e os requisitos computacionais complexos dos algoritmos de otimização aplicado. Na falta de informações seguras, técnicas de inteligência artificial com resultados práticos e definição de margens para operação segura do sistema de rede inteligente, juntamente a aprendizagem estatística e a tomada de decisão correta devem ser aplicadas aos métodos de previsão. É desejável realizar um procedimento simples de preços, fundamentados nas aplicações dessas previsões técnicas e procedimentos automatizados mais eficientes para o DR, que refere-se ao comportamento probabilístico no uso de aparelhos.

Khan, Rehmani e Reisslein (2016) ressaltam que a cobertura e capacidade das redes inteligentes com comunicação sem fio, como as redes de rádio cognitivas, são promissoras mundialmente. A rede inteligente é o futuro da rede de energia elétrica, oferecendo recursos avançados, como administração para gerenciamento de resposta dinâmica à demanda e controle de forma ampla, melhorando a performance e confiabilidade da energia elétrica, podendo ser aproveitada nas fases de geração, transmissão e distribuição da rede elétrica.

Good, Ellis e Mancarella (2017) ressaltam que a demanda por flexibilidade nos programas de eletricidade e a mudança para as redes inteligentes estão

elevando as oportunidades de resposta à demanda. Porém existem obstáculos que não permitem que o máximo potencial de resposta à demanda seja executado. É necessária uma análise das características da resposta à demanda, para auxiliar na minimização destes bloqueios. Os obstáculos básicos são definidos como econômicos, sociais ou tecnológicos, e os obstáculos secundários estão associados a regulatórios políticos, design de mercados, questões físicas como a rede elétrica ou à interpretação geral de resposta à demanda.

Conforme Fallah, Deo, Shojarfar, Conti, Shamshirband (2018), os programas de administração de energia são planejados para controlar, otimizar e gerenciar o mercado de energia de redes inteligentes. O controle do lado da demanda, vista como o principal do programa de gerenciamento de energia, pode possibilitar que os trabalhadores do mercado de serviços públicos tomem decisões eficientes de administração para o comércio de energia entre os usuários. Neste programa, uma elevada gama de informações sobre o padrão de carga de energia pode auxiliar a projetar a carga e minimizar a curva de demanda de energia, fornecendo qualidade no gerenciamento e distribuição da energia em sistemas de energia de redes inteligentes. Fazer um programa de previsão de carga inteligente é a principal finalidade da administração da demanda de energia, onde a adequação dos procedimentos depende da junção de dados de destino. Li, Qiao, Sun, Wan, Wang, Xia, Xu e Zhang (2010), concordam que com uma plataforma digitalizada, as redes de transmissão inteligentes irão ampliar o acesso com flexibilidade no gerenciamento, operação e expansão. Irão fornecer inteligência embutida, essencialmente fomentar a sustentabilidade das redes e oferecer benefícios aos clientes com custos mais baixos, melhores serviços e maior conveniência para coleta de informações confiáveis e em tempo real.

4.3.2 Segurança

A tecnologia de infraestrutura de chave pública é uma solução de segurança para redes inteligentes que fornece suporte e técnicas de computação confiáveis segundo Metke e Ekl (2010). A solução apoia os elementos de computação seguros. É essencial se ter descritos requisitos e padrões para “*smart grid*” que serão utilizados ao longo dos anos, dado o ciclo de vida de componentes utilitários de segurança.

Khurana, Hadley, Lu e Frincke (2010) afirmam que mais estudos sobre a segurança na infraestrutura das redes inteligentes devem ser abordados. Os desafios de segurança da rede inteligente irão precisar evoluir e inserir processos no e melhorar a comunicação e infra-estrutura permitindo comando e controle sobre os dados fornecidos. Sridhar, Hahn e Govindarasu (2011) destacam a importância da infraestrutura cibernética segurança juntamente com a segurança do aplicativo de energia para reduzir ataques cibernéticos. Os controles do sistema de energia induzem na qualidade e na quantidade do usuário final. É necessária a identificação da importância de combinar confiabilidade do sistema inteligente de energia e suporte de segurança da infra-estrutura no processo de verificação de risco e um procedimento para estudo de impacto.

Wang, Xu e Khanna (2011) ressaltam que para gerenciamento do sistema de energia é necessária a caracterização e exibição das arquiteturas de redes de comunicação, requisitos de desempenho e desafios propostos. Para proteger o sistema de energia efetivamente, a rede de comunicação deve garantir entrega de mensagem exata dentro do tempo solicitado. Confiabilidade e segurança são problemas muito desafiadores na comunicação rede, e experimentos preliminares indicam que esta tecnologia deve ser projetada para satisfazer as obrigações de desempenho no controle de energia.

Conforme Mo, Kim, Brancik, Dickinson, Lee, Perrig e Sinopoli (2012), o sistema cyber-físico de segurança exige obrigações de segurança adicionais, como continuidade da concessão de energia e exatidão da dinâmica precificação, inseridas pelo sistema físico. Tais exigências geralmente estão interligadas aos modelos e estados do sistema, que são difíceis de resolver por informações segurança sozinho. Desta maneira, tanto a segurança da informação quanto a segurança baseada na teoria do sistema são essenciais para garantir a utilização dos sistemas cyber-físicos.

Wang e Lu (2013) abordam vulnerabilidades de segurança e soluções nas redes inteligentes. A segurança cibernética ainda está em desenvolvimento no “*Smart Grid*”, recursos da rede de comunicação como dispositivos heterogêneos e exigências de atraso em diversas escalas de tempo e estabilidade tornam impraticável a inserção uniforme dos requisitos de segurança nas redes inteligentes. Consecutivamente, o “*Smart Grid*” requer soluções de segurança estruturadas especificamente para redes distintas aplicativos, tornando a segurança cibernética

para as redes inteligentes uma área de pesquisa muito frutífera e desafiadora no futuro.

4.3.3. Entendimento sobre desenvolvimento sustentável em Redes Inteligentes

Segundo Erol-Kantarci e Mouftah (2011) através da otimização gestão ambiental é possível diminuir despesas, reduzir a contribuição dos clientes para a cargas de pico de energia, em que são horários que possuem mais pessoas utilizando energia, e minimizar as emissões de carbono.

Segundo Kanchev, Colas, Lazarov e Francois (2011), é factível atualizando os geradores fotovoltaicos reais transformá-los em geradores controláveis. Utilizando previsões de energia fotovoltaica e previsão de carga, realiza-se uma solução para promover e gerenciar grandes geradores dispersos e uma microturbina a gás para minimizar os custos de energia para os usuários, obter independência energética e diminuir as emissões de gases de efeito estufa. As baterias são usadas para garantir uma reserva de energia para o operador da rede. Os super capacitores são usados para equilibrar as variações de potência rápida provenientes do gerador fotovoltaico e da administração primária de frequência.

Varaiya, Wu e Bialek (2011), afirmam que é exequível efetuar um despacho de limitação de risco, para gerenciar o risco de incerteza. Mediante a este objetivo, um cálculo pode ser realizado para gerar o preço de mercado. O risco de despacho limitante é utilizado para verificar incentivos energias renováveis obtidas por diferentes políticas. A inclusão da delimitação de risco demandara uma definição de risco aceitável para substituir as atuais medidas de risco, em que na proposta operacional, os dados de oferta e demanda englobam quantidade de energia e probabilidade.

Su, Rahimi-Eichi, Zeng e Chow (2012) analisam uma perspectiva futura de tecnologias da informação industrial para agilizar a introdução no mercado de veículos de tração elétrica avançados. Os veículos elétricos são altamente promissores em termos de maior eficiência energética, redução de emissão de gás carbono, independência energética e responsabilidade com o meio ambiente. A eletrificação de transportes está reestruturando a visão tradicional dos processos industriais.

Lund, Andersen, Østergaard, Mathiesen e Connolly (2012), ressaltam que as redes elétricas inteligentes devem ser observadas como parte de sistemas de energia inteligentes em geral e destacam a inclusão de produção de cogeração flexível no balanceamento de eletricidade e equilíbrio da rede. A inserção da energia renovável no setor elétrico deve ser administrada junto a outros setores, visando a manutenção de energia e eficiência nos processos.

A utilização de Recursos Energéticos Renováveis requer organização e procedimentos aprimorados aliado a tecnologias de estado da arte. Segundo Aghaei e Alizadeh (2013), as tecnologias gerenciáveis são relativamente homogêneas através de seus usuários. Para o controle de um extenso número de pequenas cargas seria necessário rádio ou outros sinais de comunicação.

Rahimi-Eichi, Ojha, Baronti e Chow (2013) afirmam que um sistema de gerenciamento de baterias inteligente é fundamental na rede inteligente utilizada em indústrias que produzem veículos elétricos. A evolução do sistema de tecnologia de bateria oferece elevada densidade de energia e minimiza os custos, contribuindo também para gerenciar a bateria e garantir a segurança e a confiabilidade dos aparelhos de armazenamento de energia.

Yan, Qian, Sharif e Tipper (2013) afirmam que a eficiência, confiabilidade e segurança de sistemas interconectados são essenciais para infraestruturas de comunicação em redes inteligentes. Prevêem que as usinas tradicionais baseadas em carbono possam cooperar com as novas energias renováveis distribuídas para minimizar o consumo de carbono e consecutivo gás de efeito estufa. A capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente com outro sistema deve ser alinhada por padrões técnicos e igualada com a inovação de um ambiente que estimule a criação, de modo que a infra-estrutura geral de comunicação possa continuar a evoluir.

De acordo com Richardson (2013), os veículos elétricos podem aumentar consideravelmente a quantidade de energia renovável produzida. Os veículos elétricos fornecem inúmeros benefícios significativos para a rede elétrica, incluindo a capacidade de integrar fontes de energia renováveis. É essencial compreender o potencial, os limites e os impactos dos setores de transporte e eletricidade com os veículos elétricos e a energia renovável. Influem em políticas de planejamento, com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e elevar benefícios econômicos das

duas tecnologias, minimizando ao mesmo tempo as emissões mundiais de gases de efeito estufa e sua dependência combustíveis fósseis.

O conceito de redes térmicas inteligentes pode ser considerado paralelo às redes elétricas inteligentes. Lund, Werner, Wiltshire, Svendsen, Thorsen, Hvelplund e Mathiesen (2014) ressaltam que ambos os conceitos objetivam a integração e o uso eficiente de possíveis fontes de energia renováveis futuras, bem como a operação de uma estrutura de rede que conceda a geração distribuída, o que pode despertar a interação com os consumidores. No entanto, os dois conceitos divergem relativo ao que as redes térmicas inteligentes confrontam seu maior desafio na utilização de fontes de calor de baixa temperatura e a interação com edifícios de baixa energia, enquanto as redes elétricas inteligentes enfrentam seu maior desafio na integração de flutuações e intermitências para a produção de eletricidade renovável. A pesquisa da evolução histórica dos sistemas de aquecimento urbano é extremamente importante em termos de três gerações para a caracterização de desafios futuros da tecnologia de aquecimento urbano, prevendo-se um futuro fornecimento de aquecimento e arrefecimento não fóssil renovável como parte da implementação de sistemas globais de energia sustentável.

Segundo Mathiesen, Lund, Wenzel, Østergaard, Möller, Nielsen, Ridjan, Karnøe, Sperling e Hvelplund (2015) há soluções de menor custo para integração de fontes de energia renováveis em fontes de energia 100% de sistemas de redes inteligentes, sendo um combustível eficiente e opção de custo eficaz. A economia de energia é essencial nas demandas primárias de energia, caso contrário seria maior a necessidade de recursos flutuantes e de biomassa. Os sistemas 100% de energia renovável são tecnicamente viáveis, economicamente têm custo semelhante as alternativas de combustíveis fósseis e pode ter consumo sustentável de bioenergia.

Conforme Erol-Kantarci e Mouftah (2015) as gerações de energias renováveis compartilhadas em infraestruturas de comunicação englobadas em um projeto de rede com eficiência energética para o meio ambiente, o impacto das técnicas de comunicação verde na confiabilidade ou repressão de dados da rede inteligente, a consolidação da carga de trabalho são importantes direções das redes inteligentes.

Raza e Khosravi (2015) abrangem a inteligência artificial baseada em técnicas de previsão de carga de curto prazo. Há diversos problemas a serem

estudados em conjunto com a precisão das previsões, como a complexidade da rede, melhor algoritmo de treinamento, taxa de convergência e seleção de entradas de modelo de previsão correlacionadas para realizar a previsão mais elevada dos resultados. A utilização da rede inteligente pode economizar de forma relevante a quantidade de energia e desperdício e emissões de CO₂.

Tan, Ramachandaramurthy e Yong (2016) afirmam que é possível através de técnicas de otimização obter diversas finalidades com veículo gerenciados por redes inteligentes, satisfazendo restrições dos usuários. V2G é uma nova tecnologia, que permite troca de potência entre veículo e rede elétrica. Possui dois tipos diferentes, que são unidirec- V2G e bidirecional V2G com base no fluxo de potência entre a rede elétrica. Os dois tipos V2G são capazes de oferecer vários serviços à rede elétrica, tais como serviços auxiliares, corte de carga de pico, nivelamento de carga e como solução para questão de intermitência de energia. A técnica de otimização é necessária para o V2G de controle de energia, tendo que seguir as complexas restrições do sistema e alcançar metas. Primeiramente para efetuar a tecnologia V2G é necessária ter das tecnologias relacionadas. Apesar dos significativos avanços nas últimas décadas, a eficiente bateria EV e Carregador V2G ainda estão em fase experimental. As baterias seladas da Linha EV (Veículos Elétricos) são desenvolvidas exclusivamente para o mercado de veículos elétricos, oferecendo elevada autonomia, alto rendimento e maior vida útil nestas aplicações. A eletrificação da indústria de transporte e tecnologia V2G são ambições a longo prazo. A utilização da tecnologia V2G requer a participação e colaboração do governo, concessionárias de energia, V2G agregadores e proprietários de EV, incentivando no progresso da tecnologia e agregando valor a economia do setor.

Segundo Lund, Østergaard, Connolly, Mathiesen (2017), o termo *Smart Grids* é voltado essencialmente ao setor de eletricidade, a *Smart Energy Systems* possui um objetivo holístico associada na junção de outros setores como eletricidade, aquecimento, refrigeração, indústria, edifícios e transporte, e possibilita a caracterização de soluções exequíveis e acessíveis para o setor elétrico acompanhando as transições futuras em soluções energéticas renováveis e sustentáveis.

Fischer e Madani (2017) afirmam que as aplicações que usam bombas de calor através das redes inteligentes são as operações estáveis e econômicas de redes elétricas, integrações de fontes de energia renováveis e operações sob preços

instáveis de eletricidade. Dentre todos os setores, as bombas de calor auxiliam na praticidade da mudança para um sistema energético descentralizado, junto a fontes de energia renováveis. As bombas de calor são consideradas uma tecnologia essenciais para soluções eficientes de aquecimento e refrigeração para edifícios residenciais. Nos edifícios individuais, verificou-se os processos de gerenciamento para maximizar o conforto térmico e minimizar os custos de operação possuem um custo adicional pela complexidade, necessitando de especialização em recursos de design computacionais.

Conforme Aghajani, Shayanfar e Shayeghi (2017), por meio de um método de programação é possível otimizar os processos de uma micro rede inteligente em curto prazo, para reduzir as despesas operacionais e as emissões de gases de efeito estufa, através de fontes renováveis, onde consequentemente o efeito do gerenciamento da demanda na redução do efeito da incerteza induzida pela geração de energia pode ser previsto e utilizados em turbinas eólicas e células solares.

Segundo Kakran e Chanana (2018), no decorrer últimos anos, os países mostraram elevado interesse na tecnologia de redes inteligentes, porém com a sua inserção nas empresas, eles estão se deparando com vários obstáculos. Os recursos de energias renováveis também estão presentes na geração distribuída, que oferece uma solução para problemas ambientais ocasionados por usinas de energia tradicionais. A tecnologia de rede inteligente está em desenvolvimento com estudos crescentes em todas as áreas. O gerenciamento do lado da demanda, resposta à demanda, geração distribuída e os dispositivos inteligentes estão entre os benefícios dessa tecnologia, com métodos de controle para melhoria de processos. As redes inteligentes possuem a finalidade de obter técnicas simples e rápidas que possam ser utilizadas para o controle e integração adequada de variadas demandas em menor espaço de tempo.

Marzband, Azarinejadian, Savaghebi, Pouresmaeil, Guerrero e Lightbody (2018), afirmam que através de uma estrutura de energia transativa inteligente, as microrredes domésticas podem auxiliar uns com os outros em um programa múltiplo, construindo acordos para adquirir competitividade no mercado. O potencial de transição de demanda pode ser desfrutado por meio da transferência de determinadas quantidades demanda de energia de certos períodos de tempo para outros com demanda reduzida prevista, e assegurar que a geração de energia atual

seja economicamente suficiente. É factível adquirir o máximo lucro com a construção de acordos, através de um algoritmo proposto de escalonamento de otimização de energia baseado em lances otimizado, autônomo e distribuído para maximizar a eficiência de balanceamento de energia e lucro sob cargas residenciais, e por meio de recursos energéticos iniciar um fornecimento seguro de energia sustentável, incentivando a presença no mercado e elevar o lucro para todos os participantes.

4.3.4. Importância econômica nos sistemas de Redes Inteligentes

Os autores Mohsenian-Rad, Wong, Jatskevich e Garcia (2010), ressaltam que um algoritmo pode diminuir o custo de energia e igualar a carga residencial em que vários clientes que repartem a mesma fonte de energia. É necessária a apresentação de uma tarifa de preço de acordo com o perfil dos usuários. Com a teoria dos jogos, os consumidores são os jogadores, e as estratégias são as programações cotidianas de suas aplicações domésticas. Foi constatado que além de os usuários informarem a quantidade de consumo de energia a cada hora, seria necessário também a porção de energia total que eles precisam conseguir para cada fonte de energia disponível. Para mudanças quanto relativas ao consumo de energia, é necessária introdução de novas funções de custo de energia que dependem não só do consumo de energia a cada hora, mas também a energia diária total consumida.

Segundo Molderink, Bakker, Bosman, Hurink e Smit (2010) uma melhor adequação de demanda e oferta pode ser conseguida através da otimização da rede inteligente doméstica. Na execução do sistema consegue-se previsões de erros e antecipa-se decisões que os corrigem. Quando o administrador não pode mais lidar com os erros de previsão, planejamento em um nível amplo é necessário.

Samadi, Schober e Jatskevich (2010) afirmam que é possível analisar as prioridades dos clientes e seus padrões de consumo de energia na forma de utilidade selecionando funções fundamentadas em conceitos da microeconomia. Com um preço ótimo em tempo real, o algoritmo é baseado na maximização da utilidade. Pode ser inserido de forma compartilhada para maximizar a utilidade de todos os usuários e minimizar o custo imposto à energia fornecedor, mantendo o consumo total de energia abaixo da capacidade de geração. Os resultados do teste afirmaram que usando o modelo descrito pelos autores, a precificação em tempo

real baseado em otimização proposta não somente o distribuidor de energia, mas também os usuários serão beneficiados.

De acordo com Deilami, Masoum, Moses e Masoum (2011) para redução do custo de geração ao incorporar os preços de energia de mercado variáveis no tempo e os fusos horários de carregamento preferencial do proprietário com base na seleção de prioridade, uma estratégia de controle de gerenciamento de carga inteligente em tempo real deve ser proposta e desenvolvida para a coordenação da cobrança de energia, com base na minimização do custo total de geração de energia em tempo real perdas de energia, através de um esquema viável de fixação de preços. A carga nos circuitos de distribuição local também é reduzida, minimizando assim o risco e o custo de falhas prematuras do transformador e paralisações associadas, melhorando a confiabilidade e segurança do fornecimento para o cliente.

Maharjan, Zhu, Zhang, Gjessing e Basar (2012) ressaltam que com um jogo Stackelberg as unidades consumidoras e os usuários jogam um jogo não cooperativo para encontrar a melhor resposta dentre às estratégias. Uma infraestrutura de medição avançada permite que medidores e utilitários permutem dados como consumo de energia, atualização de preços ou indisponibilidade do sistema. Para prever a perturbação que um invasor que pode causar ao manipular o preço das unidades consumidoras, é preciso garantir a confiabilidade da distribuição de energia, transformando a rede inteligente um sistema independente e eficiente.

Saad, Han, Poor e Basar (2012) elaboram uma visão ampla sobre o potencial de aplicação da teoria dos jogos para abordar as questões importantes e oportuna problemas abertos em três áreas emergentes que são relativas a rede inteligente: sistemas de redes inteligentes, controle de demanda e comunicações. A teoria dos jogos dinâmicos pode ser o caminho para obter esses parâmetros e estruturar algoritmos para qualificar o desempenho econômico e fatores técnicos da futura rede inteligente. É inegável que a teoria dos jogos constituirá uma forte ferramenta para projetar futuros sistemas de redes inteligentes que possam fornecer uma solução completamente integrada e satisfazer o paradigma de sentido, comunicação, computação e controle.

Samadi, Mohsenian-Rad, Schober e Wong (2012) afirmam que através de um método de precificação eficiente, com todos os medidores conectados a uma infraestrutura de comunicação inteligente, é possível modelar as escolhas e padrões

de consumo de energia de cada consumidor. O mecanismo de Vickrey-Clarke-Groves (VCG) que visa maximizar a utilidade agregada de todos os usuários, minimiza o custo total de geração de energia, e diminui consideravelmente a sobrecarga de comunicação.

Yang, Tan e Xu (2013) ressaltam que o problema do despacho econômico é significativo para a otimização na rede inteligente, que objetiva minimizar o custo total gasto em consumo de energia. Com um algoritmo é possível que os geradores verifiquem o descompasso entre demanda e a quantidade total de geração de energia. A divergência estimada é utilizada como uma análise técnica para corrigir a geração de energia atual por cada gerador, e conseqüentemente todos os geradores podem automaticamente minimizar o custo total coletivamente satisfazendo as restrições de equilíbrio de energia.

Conforme Javaid, Javaid, Abdul, Ahmed, Almogren, Alamri e Niaz (2017), durante os últimos anos, métodos de controle do lado da demanda foram planejadas para os setores residencial, industrial e comercial. Esses métodos são eficientes para equilibrar o perfil de carga dos clientes em redes inteligentes. Através de um controlador de administração de energia para áreas residenciais com redes inteligentes, algoritmos heurísticos podem ser utilizados para planejar cargas residenciais entre horários de pico e horários fora de pico, com preço em tempo real, maximizando o conforto do cliente e reduzindo as despesas da eletricidade e a relação pico a média.

Para Zhao, He, Cheng e Chen (2017), as desigualdades na distribuição de energia causam as perdas de transmissão de energia, trazendo a insatisfação aos usuários. Para a maximização do bem-estar social, este problema de energia distribuída para geração e demanda em redes inteligentes pode ser solucionado através de um algoritmo fundamentado em consenso para resolver o problema de maneira distribuída, com centralização ágil, menor custo e redução da complexidade dos processos.

De acordo com Mengelkamp, Notheisen, Beer, Dauer, Weinhardt (2017), a elevada quantidade de fontes renováveis de energia no sistema energético necessita de novas interpelações de mercado para precificar e distribuir a geração de energia variável e descentralizada. É possível oferecer aos consumidores de energia uma plataforma de mercado descentralizada para comercializar a geração de energia produzida localmente diretamente em sua comunidade, sem a

necessidade de um intermediário central, sendo um mercado econômico com significativas diminuições de despesas de eletricidade, dispensando também custos de transação.

Para alcançar a maximização do bem social em relação a energia, necessita-se de sistemas inteligentes e eficientes, que facilitem em todas as tarefas domésticas e empresariais, utilizados diretamente de máquina para máquina, economizando tempo, dinheiro e energia. A redução dos custos e perdas dão as redes inteligentes inúmeras vantagens, principalmente para gestores de empresas, no auxílio a importantes tomadas de decisões mais corretas. Com a leitura dos artigos científicos, verifica-se que as redes inteligentes são tecnologias que não correspondem somente a determinadas disciplinas, mas sim a todas as áreas, que podem se beneficiar com seu máximo potencial, contribuindo com um futuro mais consciente e gerenciável, com foco em energias renováveis, corroborando com um amanhã melhor para todos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos científicos analisados demonstram com detalhes quais os benefícios e contribuições que as redes inteligentes têm para nos oferecer. Com a constante evolução no mundo das tecnologias, as empresas precisam estar sempre alertas a novidades do setor.

O controle futuro de carga de energia e sua utilização em programas de gestão de energia em tempo real para lutar contra os desafios diários na gestão da demanda de energia não são fáceis. Inúmeros países desenvolvidos já começaram a utilização dessa tecnologia em sua rede elétrica. Mas ainda há um significativo número de outros países que estão atrasados na área de tecnologia de redes inteligentes.

Entender o panorama de novo sistema fundamental para buscar direcionamentos econômicos de desenvolvimento de produtos ou serviços na busca de melhorias. Todo e qualquer trabalho referente à processos tecnológicos tendo o foco a energia, caracteriza no mundo contemporâneo relevante.

Estudos direcionados à realidade brasileira faz-se necessários. Observou neste panorama que o Brasil ainda não produz ciência deste objeto de estudo de maneira significativa.

Assim, sugere-se para trabalhos futuros estudos como: Estudos empíricos em empresas que já utilizam tal sistema, estudos em companhias elétricas, estudos comparados entre regiões, etc.

Observou-se que o presente estudo, por ser exploratório apresenta como fragilidade a revisão sistemática em apenas uma base de dados científica, podendo ser ampliada a outras bases.

REFERÊNCIAS

AGHAEI, J. ALIZADEH, M. Demand response in smart electricity grids equipped with renewable energy sources: A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 18, p.64-72, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.019>.

AGHAJANI, G.r.; SHAYANFAR, H.a.; SHAYEGHI, H. Demand side management in a smart micro-grid in the presence of renewable generation and demand response. **Energy**, [s.l.], v. 126, p.622-637, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.051>.

ARRUDA, L. F. **Tentando entender o que pode ser “smart grid” no Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/tentando-entender-o-que-pode-ser-smart-grid-no-brasil/>>. Acesso em: 8 out. 2018.

CEEE. REGULAMENTO DE INSTALAÇÕES CONSUMIDORAS FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA. Zdfbz, mar. 2017. Disponível em: <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/RIC_BT_2016_Vers%C3%A3o_1.5_52034.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

DEILAMI, S. et al. Real-Time Coordination of Plug-In Electric Vehicle Charging in Smart Grids to Minimize Power Losses and Improve Voltage Profile. **IEEE Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 2, n. 3, p.456-467, set. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2011.2159816>.

EROL-KANTARCI, M; MOUFTAH, H T. Wireless Sensor Networks for Cost-Efficient Residential Energy Management in the Smart Grid. **IEEE Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 2, n. 2, p.314-325, jun. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2011.2114678>.

EROL-KANTARCI, M.; MOUFTAH, H.T. Energy-Efficient Information and Communication Infrastructures in the Smart Grid: A Survey on Interactions and Open Issues. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.179-197, 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/comst.2014.2341600>.

FADLULLAH, Z M et al. Toward intelligent machine-to-machine communications in smart grid. **IEEE Communications Magazine**, [s.l.], v. 49, n. 4, p.60-65, abr. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mcom.2011.5741147>.

FALLAH, S. et al. Computational Intelligence Approaches for Energy Load Forecasting in Smart Energy Management Grids: State of the Art, Future Challenges, and Research Directions. **Energies**, [s.l.], v. 11, n. 3, p.596-597, 8 mar. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en11030596>.

FANG, Xi et al. Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey. **Ieee Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.944-980, 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/surv.2011.101911.00087>.

FARHANGI, H. et al (Ed.). The path of the smart grid. **Ieee Power And Energy Magazine**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.18-28, jan. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mpe.2009.934876>.

FISCHER, D.; MADANI, H. On heat pumps in smart grids: A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 70, p.342-357, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.182>.

Fundamentos de metodologia científica 1 Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. - 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

FRÓES L.; CARLOS A. **Revolução tecnológica na indústria de energia elétrica com Smart Grid, suas consequências e possibilidades para o mercado consumidor residencial brasileiro**. Campinas, SP,2012.

GOOD, N.; ELLIS, K. A.; M.; Pierluigi. Review and classification of barriers and enablers of demand response in the smart grid. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 72, p.57-72, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.043>.

GUNGOR, V. C. et al. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards. **Ieee Transactions On Industrial Informatics**, [s.l.], v. 7, n. 4, p.529-539, nov. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tii.2011.2166794>.

GUNGOR, V. Cagri et al. A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements. **Ieee Transactions On Industrial Informatics**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.28-42, fev. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tii.2012.2218253>.

JAVAID, N. et al. A Hybrid Genetic Wind Driven Heuristic Optimization Algorithm for Demand Side Management in Smart Grid. **Energies**, [s.l.], v. 10, n. 3, p.319-340, 7 mar. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en10030319>.

JOSE, M. C., DIAS, R., & TRALDI, M. C. (2002). MONOGRAFIA PARA CURSOS DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA. SÃO PAULO: ATLAS.

KAKRAN, S.; CHANANA, Saurabh. Smart operations of smart grids integrated with distributed generation: A review. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 81, p.524-535, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.045>.

KANCHEV, H. et al. Energy Management and Operational Planning of a Microgrid With a PV-Based Active Generator for Smart Grid Applications. **Ieee Transactions On Industrial Electronics**, [s.l.], v. 58, n. 10, p.4583-4592, out. 2011. Institute of

Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/tie.2011.2119451>.

KHAN, A. A.; REHMANI, M. H.; REISSLEIN, M. Cognitive Radio for Smart Grids: Survey of Architectures, Spectrum Sensing Mechanisms, and Networking Protocols. **Ieee Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.860-898, 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/comst.2015.2481722>.

LEITE, D. R. V. (2013). **Medidores Eletrônicos: Análise De Viabilidade Econômica No Contexto Das Redes Inteligentes**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-518/2013, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 81p.

LENTZ JUNIOR, A. G. **ANÁLISE DOS PROCESSOS SUBSEQUENTES A ROTOMOLDAGEM DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE PLÁSTICO DA REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA**. 2017. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, UNESC, Criciúma, 2017.

LI, F. et al. Smart Transmission Grid: Vision and Framework. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.168-177, set. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2010.2053726>.

LOGENTHIRAN, T.; SRINIVASAN, D.; SHUN, T. Z. Demand Side Management in Smart Grid Using Heuristic Optimization. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 3, n. 3, p.1244-1252, set. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2012.2195686>.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986

LUND, H. et al. Smart energy and smart energy systems. **Energy**, [s.l.], v. 137, p.556-565, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123>.

LUND, H. et al. 4th Generation District Heating (4GDH). **Energy**, [s.l.], v. 68, p.1-11, abr. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>.

LUND, H. et al. From electricity smart grids to smart energy systems – A market operation based approach and understanding. **Energy**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.96-102, jun. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.003>.

MAHARJAN, S. et al. Dependable Demand Response Management in the Smart Grid: A Stackelberg Game Approach. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.120-132, mar. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2012.2223766>.

MARZBAND, M. et al. Smart transactive energy framework in grid-connected multiple home microgrids under independent and coalition operations. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 126, p.95-106, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.021>.

MATHIESEN, B.v. et al. Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions. **Applied Energy**, [s.l.], v. 145, p.139-154, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.075>.

KHURANA, H. et al. Smart grid security issues. **Ieee Security & Privacy Magazine**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.81-85, jan. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/msp.2010.49>.

MCDANIEL, P.; MCLAUGHLIN, S. Security and Privacy Challenges in the Smart Grid. **Ieee Security & Privacy Magazine**, [s.l.], v. 7, n. 3, p.75-77, maio 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/msp.2009.76>.

MENGELKAMP, E. et al. A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets. **Computer Science - Research And Development**, [s.l.], v. 33, n. 1-2, p.207-214, 22 ago. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00450-017-0360-9>.

Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

METKE, A. R; EKL, R. L. Security Technology for Smart Grid Networks. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.99-107, jun. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2010.2046347>.

MO, Y. et al. Cyber–Physical Security of a Smart Grid Infrastructure. **Proceedings Of The Ieee**, [s.l.], v. 100, n. 1, p.195-209, jan. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jproc.2011.2161428>.

MOHSENIAN-RAD, A. et al. Autonomous Demand-Side Management Based on Game-Theoretic Energy Consumption Scheduling for the Future Smart Grid. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 1, n. 3, p.320-331, dez. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2010.2089069>.

MOLDERINK, A. et al. Management and Control of Domestic Smart Grid Technology. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.109-119, set. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2010.2055904>.

MOREIRA, B. **Nova revolução tecnológica**. 2016. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/nova-revolucao-tecnologica/>>. Acesso em: 08 out. 2018.

MOSLEHI, K.; KUMAR, R. A Reliability Perspective of the Smart Grid. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.57-64, jun. 2010. Institute of

Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2010.2046346>.

PASCALICCHIO, A. C. **Perspectiva Econômica e Modelo de Negócio da Tecnologia de Telecomunicação nas Redes de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil**. 2011. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo., São Paulo, 2011.

PILAR, A. M. V. **Conservação de energia em rede inteligente**. 2014. 447 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

POBLACIÓN, D. A.; OLIVEIRA, M. de. Input e output: insumos para o desenvolvimento da pesquisa. In: POBLACIÓN, D. A.; WITTER, G. P.; SILVA, J. F. M. da. **Comunicação & produção científica: contexto, indicadores e avaliação**. São Paulo: Angellara, 2006. p. 57-80.

Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica: Evolução tecnológica nacional no segmento de distribuição de energia elétrica. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017. v.5.

RAHIMI, F.; IPAKCHI, A. Demand Response as a Market Resource Under the Smart Grid Paradigm. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.82-88, jun. 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2010.2045906>.

RAHIMI-EICHI, H. et al. Battery Management System: An Overview of Its Application in the Smart Grid and Electric Vehicles. **Ieee Industrial Electronics Magazine**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.4-16, jun. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/mie.2013.2250351>.

RAZA, M. Q.; KHOSRAVI, A. A review on artificial intelligence based load demand forecasting techniques for smart grid and buildings. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 50, p.1352-1372, out. 2015. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.065>.

RICHARDSON, D. B. Electric vehicles and the electric grid: A review of modeling approaches, Impacts, and renewable energy integration. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 19, p.247-254, mar. 2013. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.042>.

SAAD, W. et al. Game-Theoretic Methods for the Smart Grid: An Overview of Microgrid Systems, Demand-Side Management, and Smart Grid Communications. **Ieee Signal Processing Magazine**, [s.l.], v. 29, n. 5, p.86-105, set. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
<http://dx.doi.org/10.1109/msp.2012.2186410>.

SAMADI, Pedram et al. Advanced Demand Side Management for the Future Smart Grid Using Mechanism Design. **Ieee Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 3, n. 3,

p.1170-1180, set. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2012.2203341>.

SAMADI, P. et al. Optimal Real-Time Pricing Algorithm Based on Utility Maximization for Smart Grid. **2010 First IEEE International Conference On Smart Grid Communications**, [s.l.], p.1-6, out. 2010. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/smartgrid.2010.5622077>.

SARAIVA, F. de O. (2012). **Aplicação de Sistemas Multiagentes para Gerenciamento de Sistemas de Distribuição tipo Smart Grids**. São Carlos, 2012. 115 p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SIANO, P. Demand response and smart grids—A survey. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 30, p.461-478, fev. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.022>.

SILVA, L.M. (2016). **Contexto regulatório, técnico e as perspectivas brasileiras em Redes Elétricas Inteligentes aplicadas em concessões de distribuição**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGEE.DM-638/2016, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 126p.

SRIDHAR, S.; HAHN, A.; GOVINDARASU, M. Cyber–Physical System Security for the Electric Power Grid. **Proceedings Of The IEEE**, [s.l.], v. 100, n. 1, p.210-224, jan. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jproc.2011.2165269>.

SU, W. et al. A Survey on the Electrification of Transportation in a Smart Grid Environment. **IEEE Transactions On Industrial Informatics**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-10, fev. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tii.2011.2172454>.

TAN, K. M.; RAMACHANDARAMURTHY, V. K.; YONG, J. Y. Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 53, p.720-732, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.012>.

VARAIYA, P P; WU, F F; BIALEK, J W. Smart Operation of Smart Grid: Risk-Limiting Dispatch. **Proceedings Of The IEEE**, [s.l.], v. 99, n. 1, p.40-57, jan. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/jproc.2010.2080250>.

VARDAKAS, J. S.; ZORBA, N.; VERIKOUKIS, C. V.. A Survey on Demand Response Programs in Smart Grids: Pricing Methods and Optimization Algorithms. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.152-178, 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/comst.2014.2341586>.

WANG, W.; LU, Z. Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges. **Computer Networks**, [s.l.], v. 57, n. 5, p.1344-1371, abr. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2012.12.017>.

YAN, Y. et al. A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.5-20, 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/surv.2012.021312.00034>.

YANG, S.; TAN, S.; XU, J. Consensus Based Approach for Economic Dispatch Problem in a Smart Grid. **IEEE Transactions On Power Systems**, [s.l.], v. 28, n. 4, p.4416-4426, nov. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tpwrs.2013.2271640>.

ZHAO, C. et al. Consensus-Based Energy Management in Smart Grid With Transmission Losses and Directed Communication. **IEEE Transactions On Smart Grid**, [s.l.], v. 8, n. 5, p.2049-2061, set. 2017. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tsg.2015.2513772>.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE 1 - SELEÇÃO DOS DESCRITORES NAS ETAPAS DAS BUSCAS DE DADOS

Etapas de busca de dados	
Primeira Etapa	
Ordem	Títulos
1	The Path of the Smart Grid
2	Autonomous Demand-Side Management Based on Game-Theoretic Energy Consumption Scheduling for the Future Smart Grid
3	Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards
4	Smart Grid – The New and Improved Power Grid: A Survey
5	Demand response and smart grids—A survey
6	Energy Management and Operational Planning of a Microgrid With a PV-Based Active Generator for Smart Grid Applications
7	A Survey on Smart Grid Potential Applications and Communication Requirements
8	Real-Time Coordination of Plug-In Electric Vehicle Charging in Smart Grids to Minimize Power Losses and Improve Voltage Profile
9	4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems
10	A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges
11	Demand Response as a Market Resource Under the Smart Grid Paradigm
12	Security and Privacy Challenges in the Smart Grid
13	A Reliability Perspective of the Smart Grid
14	Demand side management in Smart Grid using heuristic optimization
15	Smart Transmission Grid: Vision and Framework
16	Cyber–Physical System Security for the Electric Power Grid
17	Cyber–Physical Security of a Smart Grid Infrastructure
18	A Survey on the Electrification of Transportation in a Smart Grid Environment
19	Optimal Real-time Pricing Algorithm Based on Utility Maximization for Smart Grid
20	A research on communication architectures in intelligent networks
21	Smart Grid cyber security: research and challenges
22	Electric vehicles and the electric grid: A review of modeling approaches, Impacts, and renewable energy integration
23	Management and Control of Domestic Smart Grid Technology
24	Advanced Demand Side Management for the Future Smart Grid Using Mechanism Design
25	Towards Intelligent Communications from Machine to Machine in Smart Grids
26	Demand response in smart grids equipped with renewable energy sources: a review
27	From intelligent electricity grids to intelligent energy systems and A market operation based approach and understanding
28	Security Technology for Smart Grid Networks
29	Smart Operation of Smart Grid: Risk-Limiting Dispatch
30	Smart Energy Systems for coherent 100% renewable energy and transport solutions
31	Smart Grid Security Issues
32	Wireless Sensor Networks for Cost-Efficient Residential Energy Management in the Smart Grid
33	Dependable Demand Response Management in the Smart Grid: A Stackelberg Game Approach
34	Battery Management System

35	A Survey on Demand Response Programs in Smart Grids: Pricing Methods and Optimization Algorithms
36	Consensus Based Approach for Economic Dispatch Problem in a Smart Grid
37	Energy-Efficient Information and Communication Infrastructures in the Smart Grid: A Survey on Interactions and Open Issues
38	Cognitive Radio for Smart Grids: Survey of Architectures, Spectrum Sensing Mechanisms, and Networking Protocols
39	A review on artificial intelligence based load demand forecasting techniques for smart grid and buildings
40	Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques
Segunda Etapa	
41	On heat pumps in smart grids: A review
42	A Hybrid Genetic Wind Driven Heuristic Optimization Algorithm for Demand Side Management in Smart Grid
43	Smart energy and smart energy systems
44	Demand side management in a smart micro-grid in the presence of renewable generation and demand response
45	Consensus-Based Energy Management in Smart Grid With Transmission Losses and Directed Communication
46	Review and classification of barriers and enablers of demand response in the smart grid
47	A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets
48	Smart transactive energy framework in grid-connected multiple home microgrids under independent and coalition operations
49	Computational Intelligence Approaches for Energy Load Forecasting in Smart Energy Management Grids:
50	Smart operations of smart grids integrated with distributed generation: A review

Fonte: dados da pesquisa