

# REDES INTELIGENTES DE ENERGIA

Matías Nicolás López<sup>1</sup>,  
Stéfani Guitolini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Discente do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Multivix Vitória.

<sup>2</sup> Doutora, Discente do Centro Universitário Multivix Vitória.

## RESUMO

O setor de energia elétrica mundial está passando por uma grande revolução devido ao nascimento e implementação das *Smart Grids* ou Redes Inteligentes de Energia. As Redes Inteligentes de Energia tem como objetivo otimizar a produção, a distribuição e consumo de energia, oferecendo e viabilizando a entrada de novos fornecedores de energia e consumidores na rede, com melhorias significativas em seus monitoramento, gestão, automação e qualidade da energia oferecida, por meio de uma rede elétrica caracterizada. Entretanto, apesar das *Smart Grids* serem uma grande tendência do setor elétrico, ainda se faz necessário o aprofundamento das tecnologias empregadas em sua infraestrutura, principalmente as relacionadas aos meios de comunicação. Objetiva-se com este trabalho apresentar e analisar os tópicos mais estudados na literatura como potenciais soluções para resolver algumas limitações das redes inteligentes no que se diz respeito, principalmente, à atual situação da implantação das *Smart Grids* no Brasil e no mundo.

## PALAVRAS-CHAVE

Redes Inteligentes de Energia; Energia Elétrica; Geração de Energia.

## ABSTRACT

The global electric power sector is undergoing a significant transformation due to the emergence and implementation of Smart Grids. Smart Grids aim to optimize energy production, distribution, and consumption, enabling the entry of new energy suppliers and consumers into the grid, with significant improvements in monitoring, management, automation, and energy quality through a more advanced electrical network. However, despite Smart Grids being a major trend in the electric sector, there is still a need for deeper exploration of the technologies employed in their infrastructure, particularly those related to communication systems. This paper aims to present and analyze the most studied topics in the literature as potential solutions to address some of the limitations of smart grids, focusing especially on the current state of Smart Grid implementation in Brazil and worldwide.

## KEYWORDS

Smart Grids; Electric power; Energy generation.

## INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a sociedade vem se desenvolvendo de maneira muito acelerada, sendo a energia elétrica responsável por boa parte desse desenvolvimento econômico, pela melhora significativa na qualidade de vida mundial, e também pelo desenvolvimento tecnológico.

A maior parte da energia elétrica produzida é proveniente da queima de combustíveis fósseis (IEA, 2018) e a necessidade crescente de energia se contrapõe à preocupação com o desenvolvimento sustentável e o meio ambiente. Sendo assim, muitas tecnologias de fontes renováveis estão sendo desenvolvidas, como por exemplo, a energia fotovoltaica e as turbinas eólicas. A geração fotovoltaica vem

aumentando sua eficiência e devido ao investimento de diversos governos, elas tem sido empregadas também no uso residencial, participando do sistema de distribuição de energia elétrica. Pode-se dizer que quase todos os processos mundiais sendo eles fábricas, indústrias, comércio, construção civil entre outros, precisam de energia elétrica para seu andamento. Por isso é necessário o estudo de novas tecnologias para otimizar e melhorar a utilização da energia elétrica de forma sustentável.

O termo *smart grid*, ou redes inteligentes, não está associado a uma tecnologia específica. Não há consenso em relação ao que seria uma rede inteligente, mas todas as definições perpassam a ideia do uso de medidores e de transmissão de dados para permitir uma utilização mais eficiente e mais segura de recursos. Em outras palavras, a rede faria uso de informações para melhorar as decisões operacionais (POTTER, ARCHAMBAULT e WESTRICK, 2009).

As *Smart Grids* são compostas por automações e tecnologias que objetivam, principalmente, conferir segurança, comodidade e sustentabilidade ao fornecimento de energia elétrica, sempre com o objetivo de otimizar tudo que foi mencionado anteriormente (NEOENERGIA, 2022). Consequentemente, estudos em diversas vertentes se fazem necessários para tornar a tecnologia das redes inteligentes ainda mais sólida e difundida na realidade mundial.

## **1. REFERENCIAL TEÓRICO**

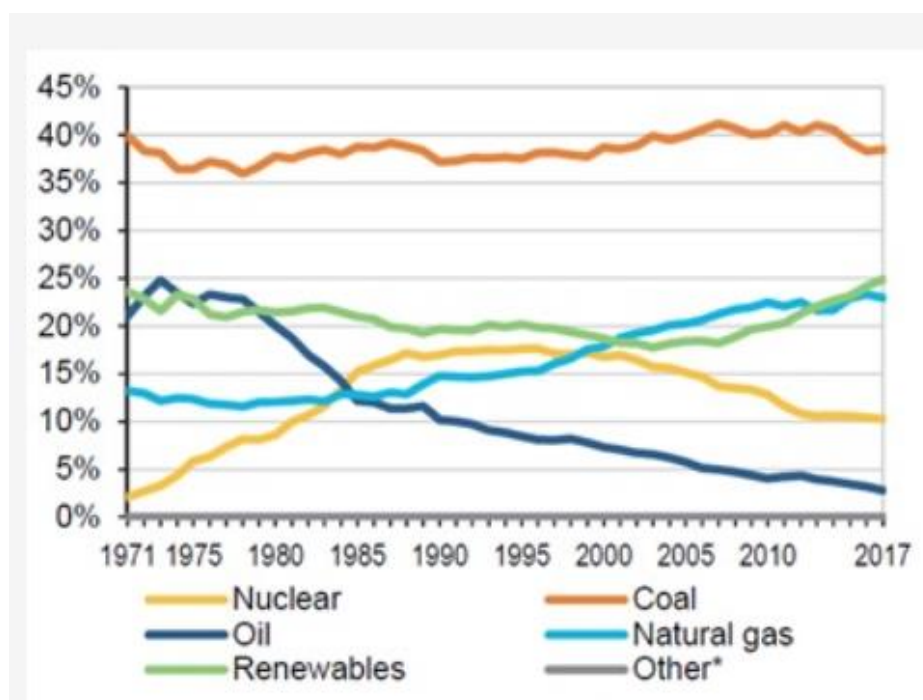
### **1.1 Desenvolvimento Mundial e a Energia Elétrica**

O desenvolvimento da sociedade, o aumento da população mundial, o surgimento de novos equipamentos, novas tecnologias, atrelados a busca pelo aprimoramento e desenvolvimento de melhorias de qualidade de vida, estão ligados diretamente ao aumento crescente da demanda de energia elétrica. Ademais, novos pleitos por qualidade, segurança, flexibilidade e sustentabilidade ligados ao setor elétrico exigem redução de perdas não técnicas, melhoria da continuidade e eficiência energética. Por isso, sistemas elétricos mais inteligentes e robustos vem sendo cada vez mais necessários.

Segundo dados da *International Energy Agency* (IEA), o consumo de energia primária tem apresentado crescimento bastante acelerado nos últimos anos. O cenário da matriz energética mundial tem se moldado cada vez mais na ampliação da participação das fontes renováveis na produção de energia. A geração de energia elétrica mundial corresponde a 25.721,0 TWh e prevalece o uso de fontes não renováveis, sendo o carvão mineral a principal fonte energética utilizada,

correspondendo a, aproximadamente, 38% do total gerado. A participação das fontes renováveis representa apenas 25% da matriz elétrica global, sendo as hidrelétricas a principal fonte geradora. Nota-se que desde 1970 até meados de 2010 houve redução da participação das fontes renováveis na matriz elétrica mundial, devido a fatores climáticos. Com o desenvolvimento da energia eólica, solar fotovoltaica e biomassa observa-se a retomada da participação das fontes renováveis como pode ser visto na Figura 1- Mix de geração elétrica mundial 1971-2017 (IEA, 2019a).

**Figura 1 – Mix de geração elétrica mundial 1971-2017**



**Fonte:** IEA. International Energy Agency.- 2020

No que tange ao consumo elétrico brasileiro, em 2018 foi observado um aumento de 1,4% no consumo em relação ao ano anterior, totalizando 535,4 TWh. O setor industrial foi responsável por 37,5% do consumo final, registrando também um crescimento de 0,6% em relação à 2017. Parte deste aumento no consumo de energia elétrica está associada ao setor siderúrgico, cujo crescimento da produção física foi de 0,9%, alavancado pelos segmentos de ferroligas, aço e pelletização (EPE, 2019). O setor siderúrgico e metalúrgico representam 7,17% de todo o consumo de energia no país. Considerando apenas o setor de ferroligas no qual estão inseridas as empresas do GT Ferroligas (SIF/UFV), um dos principais insumos deste segmento é a energia elétrica, o que corresponde à 40,1% (6,094 GWh) da demanda energética

total deste setor, seguido pelos insumos de base florestal, carvão vegetal e lenha conforme apresentado na Figura 2 (EPE, 2019).

**Figura 2 – Estrutura do consumo energético no setor de ferro-ligas**



Fonte: IEA. International Energy Agency - 2020.

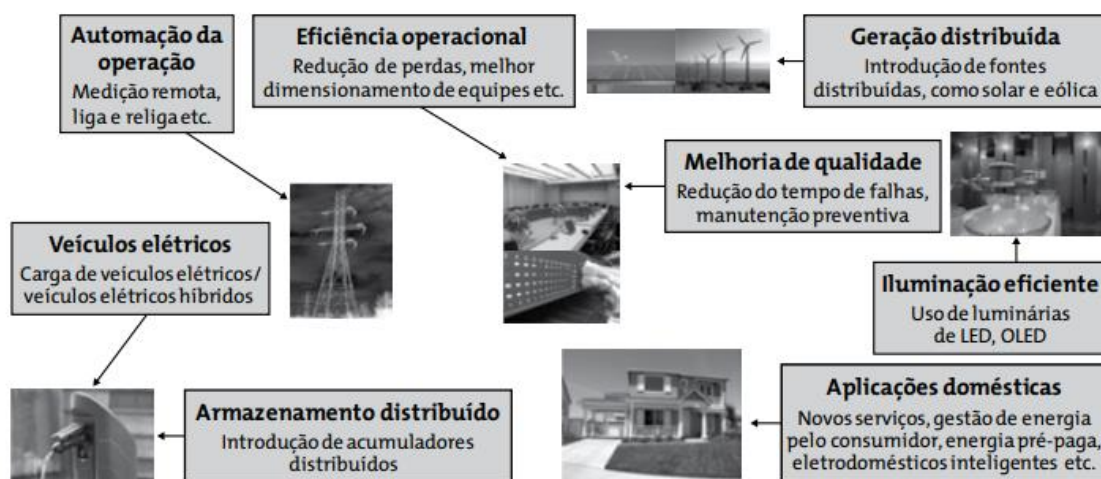
## 1.2 Redes Inteligentes de Energia

As Redes Elétricas Inteligentes (REI) contam com uma série de recursos e tecnologias da área da comunicação, automação e computação que aplicadas ao sistema de energia elétrica, garantem melhor integração da rede, monitoração e medição em tempo real. Por isso, elas prometem maximizar o uso de geração distribuída (GD), através de recursos que vão desde a gestão de pico de demanda até o controle de despacho de geração distribuída. Portanto, as REI's surgem como solução à necessidade de controle e monitoramento da rede e da GD, tendo papel importante nos centros de despacho da geração distribuída, se implementadas.

As Redes Elétricas Inteligentes, são por definição, gerenciamento de rede elétrica sobre dados em tempo real através de duas vias rápidas de comunicações digitais através da aplicação de soluções tecnológicas para a infraestrutura de entrega de energia elétrica (HONORIO, 2011). A REI inclui um sistema que monitora e controla o fluxo de eletricidade em toda a rede elétrica e incorpora o uso de linhas de transmissão supercondutoras para gerenciar flutuações de energia, perda e integração de micro geração de energia solar e eólica (CARDWELL, 2013).

No Brasil e no mundo, as REI's encontram-se atualmente em um estágio inicial, semelhante ao da *internet* no começo dos anos 1980. Existem então, oportunidades para empresas, concessionárias de energia, fornecedores de tecnologia, governos, consumidores e desenvolvimento de economia sustentável. Em países como Estados Unidos, Japão e também na Europa, haverá a substituição dos medidores de energia elétrica por medidores inteligentes até o ano de 2030, mas isso não significa a implantação do conceito integral das redes elétricas inteligentes. Os planos de substituição de medidores inteligentes dos Estados Unidos, da Europa e do Japão apontam para conclusão entre 2022 e 2030, não necessariamente significando a implantação do conceito integral de redes elétricas inteligentes. A Figura 3 mostra como funciona uma REI e sua utilização.

**Figura 3 – Redes Elétricas de Energia**



**Fonte:** Autor, com base em Energy Independent Security Act (EISA) – EUA e Smith (2012).

O domínio das REI's é composto por inteligência distribuída incluindo a descentralização de dados, geração distribuída e de armazenamento e automação do sistema de distribuição e otimização. O envolvimento e interação do cliente também fazem parte, assim como microrredes e dispositivos elétricos de alto consumo, incluindo *plug-in* de veículos híbridos elétricos (COLLIER, 2010). Utilizando como base um documento da IEA de 2011, as principais características das REI são: Auto recuperação da rede em caso de falha; Participação proativa dos consumidores; Tolerância a ataques externos; Foco na qualidade de energia; Capacidade para acomodar uma grande variedade de fontes de energia; Menor impacto ambiental; Atuação remota, visando resposta em demanda; Viabilizar e beneficiar a competição no mercado de energia.

Os países com o maior desenvolvimento foram os primeiros a iniciarem as mudanças de suas redes elétricas convencionais para as redes inteligentes, assumindo o papel de liderança e de disseminadores das tecnologias e experiências para os países em desenvolvimento.

No mundo houveram diversas motivações para justificar os investimentos em Redes Elétricas Inteligentes. Na Figura 4 são apresentados um os principais motivos das nações desenvolvidas investirem na implementação das Redes Elétricas Inteligentes.

**Figura 4 – Investimos dos países desenvolvidos em REI**

EUA	Europa	Japão	China
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agenda tecnológica para recuperação econômica</li> <li>• Infraestrutura obsoleta</li> <li>• Geração distribuída de energia</li> <li>• Confiabilidade, segurança e eficiência do sistema</li> <li>• Uso de veículos elétricos e híbridos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integração de diversas fontes de energia renováveis</li> <li>• Infraestrutura envelhecida</li> <li>• Uso de veículos elétricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversificação energética (acidentes nucleares)</li> <li>• Uso de veículos elétricos</li> <li>• Implantação de cidades inteligentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implantação de cidades inteligentes e protagonismo mundial em IoT</li> <li>• Eficiência energética</li> <li>• Diversificação energética (renováveis)</li> </ul>

Fonte: BNDES (2018)

### 1.3 Medidor Inteligente de Energia – *Smart Meter*

Um dos avanços na tecnologia dos últimos tempos foi o desenvolvimento dos *Smart Meters*, ou medidores inteligentes, que, ao invés de apenas apresentarem leituras do consumo acumulado da energia, também podem apresentar os dados de consumo em tempo real e com precisão, além de diferentes períodos e diferentes bandeiras tarifárias. Os consumidores poderão se beneficiar decidindo o quanto de energia irão consumir e fazendo uma escolha ótima desse consumo (ZHOU, et al., 2010).

Dentre os principais benefícios dos medidores inteligentes estão a disponibilidade de informações sobre o consumo de energia, a fim de atingir incentivos financeiros ou aprimorar a sustentabilidade e a economia de energia, e a possibilidade de avaliar e controlar os medidores remotamente, permitindo que as concessionárias de energia reduzam custos operacionais e o erro humano durante o processo de leitura dos medidores (AVANCINI, 2019).

O surgimento dos *Smart Meters* tornou possível que os consumidores tenham o poder de decisão para racionalizar o uso de energia, provocando a mudança na curva

de carga, sem que isso comprometa seu nível de conforto ou que seja preciso deixar de lado as suas preferências de consumo. A implementação dessas ações de gestão pelo lado da demanda traz benefícios como a redução da conta de energia elétrica, redução da carga na rede durante os períodos de pico e o uso racional da energia (SANTO et al., 2018).

A diminuição no consumo residencial de energia elétrica adiaria, ou até mesmo, evitaria a necessidade de expansão no sistema elétrico de potência, cuja sobrecarga é um ponto crítico para a operação. O sistema elétrico de potência está sujeito a vulnerabilidades de agentes externos e à demanda do próprio sistema que, combinados, podem levar à falha em cascata. A falha em cascata é um processo sequencial de desconexão de elementos do sistema de potência, como geradores, linhas de transmissão e cargas, levando a um *blackout* parcial ou até mesmo total. Essas falhas impactam significativamente nos cidadãos, negócios, economia e agências governamentais (VYAKARANAM, et al., 2017).

Iniciativas de eficiência energética que visam a redução do consumo, podem também adiar a construção de novas unidades de geração. Dessa forma, além de uma redução da necessidade de investimentos, é possível obter uma redução na emissão dos gases do efeito estufa que seriam emitidos por essas usinas, supondo a expansão ocorra por meio de usinas baseadas em insumos renováveis. Para combater a mudança climática, o Painel Intergovernamental Para a Mudança Climática (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*) calcula que a emissão de gases de efeito estufa no setor energético devem ser reduzidas em 90%, comparadas às emissões de 2010, entre os anos de 2040 e 2070 (WERFF; THOGERSEN; BRUIN, 2018).

A Figura 5 mostra como é o medidor *Smart Grid meters* possuem a capacidade bidirecional de fluxo energético. Ou seja, é uma rede que pode tanto levar energia a um estabelecimento, quanto distribuir a energia gerada pelas placas solares ou outros geradores desse estabelecimento. Para isso, a energia deve passar pelo *smart meter*, um medidor bidirecional. Se um prédio, por exemplo, tiver placas solares que produzem mais do que ele consome, o excedente é redistribuído em outras localidades (NEOENERGIA, 2022).

**Figura 5 -- medidor de energia *smart grid* zero medidor de energia bidirecional smart bidirecional**



**Fonte:** Eastron – 2022.

#### **1.4 Redes Inteligentes no Brasil**

Existem expectativas muito grandes com relação aos investimentos em redes elétricas inteligentes no Brasil. Espera-se que, pelo maior monitoramento e análise de informações, perdas associadas a roubos de energia possam ser reduzidas e o pico de consumo – ocorrido em dias de semana, entre as 19 horas e as 22 horas – possa ser redistribuído ao longo do dia, o que permitiria um melhor uso da capacidade instalada atualmente (ANDREA FELIPPE, 2011).

Em inúmeras áreas do país existem projetos-piloto de *Smart Grid* apoiados por 36 concessionárias de distribuição energética. Esses projetos estão espalhados nas regiões sul, sudeste, norte e nordeste. O projeto com maior número de consumidores, tendo no planejamento atual 400 mil consumidores é o projeto-piloto realizado pela concessionária LIGHT na Área Metropolitana do Rio de Janeiro (ANDREA FELIPPE, 2011). Pela definição do conceito de uma rede inteligente, esse projeto contempla essencialmente a parte de medição. A implantação foi realizada na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro nas área metropolitana e representa ainda os primeiros passos rumo a uma rede inteligente.

O segundo projeto em número de consumidores atingidos pela rede é a realizada pela Eletropaulo, com 84 mil consumidores, envolvendo os municípios de Barueri, Vargem Grande e Caucaia do Norte e também não está preparado para o



armazenamento de energia, assim como o anterior (POLIELO, 2016). Abaixo é representada uma lista com os demais projetos iniciais de redes elétricas inteligentes existentes no Brasil e a Figura 6 mostrando as regiões do Brasil que possuem os projetos pilotos: *Smart Grid Light* (Light) - Rio de Janeiro/RJ: 400.000 consumidores; *Smart Grid* (AES Eletropaulo) - Barueri e outras localidades/SP: 84.000 consumidores; Cidade Inteligente Aquiraz (Coelce) - Fortaleza/CE: 19.000 consumidores; Paraná *Smart Grid* (Copel) - Curitiba/PR: 10.000 consumidores; Cidades do Futuro (Cemig) - Sete Lagoas/MG: 8.000 consumidores; Parintins (Eletrobrás Amazonas Energia) - Parintins/AM: 5.000 consumidores; Arquipélago de Fernando de Noronha (CELPE) - Ilha de Fernando de Noronha/PE: 1.000 consumidores.

**Figura 6 - Mapa do Brasil destacando os estados que possuem projetos piloto de Redes Inteligentes e a quantidade relativa de consumidores.**



**Fonte:** BNDES- 2018

No caso do Brasil, as principais normas que guiam a GD são a resolução normativa (REN) número 482 de 2012 e o módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), ambos de autoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Além dessas, há normas técnicas disponibilizadas pelas concessionárias de distribuição de energia que, cumprindo os requisitos estabelecidos pela Resolução Normativa 482/2012, estabelecem critérios e procedimentos técnicos adotados para a conexão de GD em sua área de abrangência.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, publicou em 2013 a norma ABNT NBR 16149:2013 (Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição). A norma estabelece recomendações e requisitos para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica (ABNT, 2013).

## **2. REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES**

### **2.1 Geração de Energia Distribuída**

Os documentos Procedimentos de Distribuição – PRODIST , elaborados pela Agência Nacional de Energia Elétrica, definem Geração Distribuída como: “centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou isoladas e despachadas – ou não – pelo ONS” (ANEEL, 2012). A ANEEL classifica a geração distribuída utilizando sistemas fotovoltaicos em três categorias: Microgeração: potência instalada até 100kW; Minigeração: potência instalada entre 100kW e 1MW; Usina de Eletricidade: potência acima de 1MW.

### **2.2 Benefício E Funções Das Rei**

A Rede Inteligente deverá prevenir e solucionar eventuais problemas relacionados principalmente à qualidade da energia gerada, além de garantir a segurança de pessoas e equipamentos conectados em redes de média tensão, classes 15 kV e 25 kV, alimentados por microgeradores, sendo um desafio importante o controle do nível de tensão em redes de baixa tensão com elevada concentração de microprodutores (CHIANG et al., 2008). Além disso, a Rede Inteligente deve satisfazer cinco funções ou princípios que serão descritos a seguir (SAINT, 2009; XU WEI et al., 2009; BROWN, 2008).

### **2.3 Auto Diagnose Ou Auto-Reparação**

Antecipar a resposta às perturbações do sistema (auto-diagnose e auto-reparação – *Self Healing*) em um sistema inteligente que utiliza a informação obtida em tempo real através de sensores incorporados, o controle automatizado deverá ser capaz de prever, detectar e responder aos problemas do sistema elétrico, evitando ou atenuando quedas de energia, problemas e interrupções de serviços, mantendo assim

a qualidade de energia dentro de padrões específicos. Isso permitirá aos consumidores optarem por controlar diretamente certos dispositivos como condicionadores de ar, bombas de piscinas, aquecedores elétricos e chuveiros elétricos, durante períodos de demanda crítica (horário de pico) em troca de algum tipo de redução da tarifa de consumo ou descontos.

Além da possibilidade de haver ganhos com a venda do excedente de energia elétrica para a rede de distribuição e também, ser capaz de responder de forma eficaz a ataques cibernéticos, não somente arquitetado por terroristas, mas também deliberados por consumidores e funcionários insatisfeitos, quando considerados os dispositivos de automação existentes, permitem que a operação da rede isole em tempo real a área afetada, e redirecione o fluxo de carga em torno da instalação defeituosa ou danificada (DELÉO E MELO, 2012).

#### **2.4 Gerência e Armazenamento**

Gerenciar todas as opções de geração e armazenamento de energia elétrica: a Rede Inteligente deverá ser capaz de gerenciar a geração tradicional de energia elétrica, representada pelos grandes geradores como usinas hidrelétricas e termelétricas, e também ser capaz de interligar as novas fontes de geração como célula a combustível, unidades fotovoltaicas, pequenas turbinas eólicas e geradores distribuídos a diesel, gasolina e gás natural operados em *stand-by* (DELÉO; MELO, 2012).

#### **2.5 Melhoria e Confiabilidade**

Este gerenciamento interligado das várias fontes de geração de energia também contribuirá para a melhoria da confiabilidade do fornecimento e qualidade da energia entregue às unidades consumidoras, reduzirá os custos da geração de energia elétrica e possibilitará que o consumidor escolha o mercado de eletricidade (DELÉO; MELO, 2012).

#### **2.6 Eficiência Operacional**

A medição inteligente no contexto de Rede Inteligente será uma ferramenta que permitirá às concessionárias de energia elétrica aumentar sua eficiência operacional, melhorar o atendimento aos clientes, promover o uso racional da energia elétrica, promover o deslocamento de carga, principalmente nos horários de pico, reduzir

custos e agilizar o processo de geração de fatura, reduzir perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica, principalmente as perdas relacionadas ao furto de energia elétrica, e facilitar o controle e operação do sistema elétrico de transmissão e principalmente do sistema de distribuição (DELÉO; MELO, 2012).

## **2.7 Processo De Geração Da Fatura**

Para os consumidores, os benefícios com a implantação da Rede Inteligente através da medição inteligente serão a maior confiabilidade no processo de geração da fatura que passará a ser automático e preciso. A possibilidade de visualização em tempo real dos parâmetros de rede e indicadores de qualidade da energia consumida, a implantação de um novo sistema tarifário com diferentes faixas de valores ao longo do dia (postos tarifários) e a possibilidade de visualização do valor da energia consumida em tempo real permitirão que consumidor planeje a utilização dos equipamentos e com isso reduza o valor de sua fatura mensal. Também, devem-se analisar as possibilidades vislumbradas pela introdução de novas tecnologias no gerenciamento da geração e consumo de energia, ainda mais em um período no qual se discutem como evitar ou diminuir as emissões de gases de efeito estufa (DELÉO; MELO, 2012).

## **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Devido à maior quantidade de informações e controle do sistema, as redes inteligentes têm o potencial de reduzir o custo final da eletricidade, aumentando a eficiência da rede e gerenciando melhor a oferta e a demanda de energia. Vários países já tem investido nessas redes, mas as avaliações de custo-benefício ainda não determinam sua viabilidade.

Para o Brasil, ainda não há conclusões dos reais custos e benefícios reais das redes inteligentes. No Brasil em particular, existem dois fatores importantes: uma proporção significativa de pessoas usando equipamentos ineficientes, como chuveiros elétricos, e também a falta de conhecimento sobre a economia de energia proporcionada por equipamentos eficientes. Sugerindo que benefícios significativos são possíveis por meio de políticas mais simples.

Antes de realizar grandes investimentos de renovação da rede elétrica e políticas para a substituição de chuveiros elétricos e de educação, como as utilizadas durante o racionamento de 2001, poderiam reduzir consideravelmente o consumo residencial

de eletricidade, principalmente durante seu pico no final do dia. Ainda assim, há diversos outros benefícios com as redes elétricas inteligentes. De qualquer forma, deve-se ter cautela em relação a esses investimentos, uma vez que muitos dos benefícios são incertos e difusos.

No entanto, na ausência de uma avaliação custo-benefício adequada, a alocação proporcional dos custos aos benefícios é complicada. Por exemplo, reduções nas perdas de negócios podem ser repassadas às tarifas de distribuição, beneficiando diretamente os consumidores.

O aumento do bem-estar devido a uma menor incidência de falta de eletricidade é um benefício não captável via tarifa. Na prática, os investimentos relacionados às redes inteligentes que gerem este aumento de bem-estar, provocariam o aumento da tarifa de distribuição. Há ainda impactos de postergação de investimentos nas redes de geração e transmissão, devido ao uso de geração distribuída possibilitado pelas redes inteligentes.

#### **4. REFERÊNCIAS**

**ABOBOREIRA, Felipe Luz; CRUZ, Antônia Ferreira dos Santos. A importância do Smart Grid na rede elétrica de distribuição do Brasil.**

**ABRADEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. Projeto Estratégico de P&D: redes elétricas inteligentes. Brasília, 14-15 dez. 2011.**

**ACHÃO, C. C. L. Análise da decomposição das variações no consumo de energia elétrica no setor residencial Brasileiro.** 2009. Rio de Janeiro, 151. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

**ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – Disponível em : <https://www.abnt.org.br/> - Acessado em 10 Maio de 2022.**

**Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. Mapeamento da cadeia fornecedora de TIC e de seus produtos e serviços para redes elétricas inteligentes (REI).** Relatório Consolidado. v.1, p412, 2017.

**AMIN, S. M.; WOLLENBERG, B. F. Toward a smart grid. IEEE Power and Energy Magazine, v. 3, n. 5, p. 34-38, 2005.**

**ANEEL. Nota Técnica nº 0044/2010-SRD/ANEEL.** 2012.

**Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018: Ano base 2017.**

**AOL ENERGY. Europe's Smart Grid Journey.** 2011.

**Benefícios e desafios de redes inteligentes - v. 2, n.1, p. 3-14, jan./dez. 2012 - Rafael Deléo Oliveira e José Carlos de Melo Vieira Júnior . COLLIER, S. E. (2010). Ten steps to a smarter grid. Industry Applications Magazine, IEEE, 16(2), 62-68.**

EPE, 2014. **Balço Energético Nacional**, Brasília: Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: < <https://ben.epe.gov.br/default.aspx> >. Acesso em: 18 de Maio de 2022.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. CADERNOS DE ENERGIA EPE, PERSPECTIVAS PARA O ETANOL NO BRASIL, Brasília, 2008. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/default.aspx> . Acesso em: 18 de maio de 2022.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. CADERNOS DE ENERGIA EPE, PERSPECTIVAS PARA O ETANOL NO BRASIL, Brasília, 2008. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/default.aspx>. Acesso em: 19 de Maio de 2022.

EEl, AEIC, UTC. **Smart Meters and Smart Meter Systems: A Metering Industry Perspective**; 2011.

ELETROBRAS – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Programa Nacional de Conservação e Energia Elétrica. Relatório da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: classe-residencial: ano base 2005**. jul. 2007.

Empresa de Pesquisa Energética. 2010. **Avaliação da eficiência energética na indústria e nas residências**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2010.

Empresa de Pesquisa Energética. 2017. **Caderno de Demanda de Eletricidade**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2017.

FALCÃO, D. **Smart grids e microrredes: o futuro já é presente**. In: SIMPÓSIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 8., 2009.

FARUQUI, A.; HLEDIK, R.; SERGICI, S. **Piloting the smart grid**. *The Electricity Journal*, v. 22, n. 7, p. 55-69, 2009.

GELLINGS, C. W.. **The concept of demand-side management for electric utilities**. *Proceedings Of The Ieee*, v. 73, n. 10, p.1468-1470, 1985. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

GELLINGS, Clark W. **Then and now**. *Energy Policy*, v. 24, n. 4, p.285-288, abr. 1996. Elsevier BV.

IEA. International Energy Agency – 2020. Disponível em < <https://www.iea.org/>> Acesso em 05 de junho de 2022.

KEMA. **Smart grid development is not limited to the U.S.** [s.d.].

**Ministério de Minas e Energia**. Brasília:Ministério de Minas e Energia, 2018.

MOHASSEI, Ramyar Rashed; MOHAMMADI, Farah; FUNG, Alan S; RAAHEMIFAR, Kaamran. **A survey on Advanced Metering Infrastructure**. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2014.

**NEOENERGIA** - Grupo privado em energia elétrica no Brasil e atua de forma integrada em geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica – 2022. Acessado em 13 de junho de 2022.

NGUYEN Q.H., M.R. VALLEM, B. VYAKARANA, A. TBAILEH, X. KE, AND N.A. SAMAAN. 2021. **"Control and Simulation of a Grid-Forming Inverter for Hybrid PV-Battery Plants in Power System Black Start."** In IEEE Power & Energy Society General Meeting (PESGM 2021), July 26-29, 2021, Washington DC, 1-5. Piscataway, New Jersey:IEEE. PNNL-SA-157947. doi:10.1109/PESGM46819.2021.9637882.

POTTER, C.; ARCHAMBAULT, A.; WESTRICK, K. **Building a smarter smart grid through better renewable energy information.**

**POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION**, mar. 2009. p. 1-5.

**Redes elétricas inteligentes: contexto nacional.** – Brasília, DF :Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2012.

**Relatório da pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: classe industrial – alta tensão – ano base 2005.** mar. 2008.

RIVERA, Ricardo; ESPOSITO, Alexandre Siciliano; TEIXEIRA, Ingrid. **Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local.** p43-84. Revista do BNDES, nº40, 2013.

SILVA, Marcelo Rubia da. **Modelação e análise da vida útil (metrológica) de medidores tipo indução de energia elétrica ativa.** 2010. 165 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. São Paulo, 2010.

**Smart Grid Communications.** NIST. Disponível em: <https://www.nist.gov/programs-projects/smartgrid-communications-0>. Acesso em 15 de maio de 2022.

**Smart Grid. GTA UFRJ.** 2021. Disponível em: [https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2016-1/16\\_1/smartgrid/](https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2016-1/16_1/smartgrid/). Acesso em 20 de maio de 2022.

**TARIFA BRANCA.** Aneel. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. Acesso em 05 de maio de 2022.

VIEIRA, Daniel; SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marcos Aurelio Gonçalves. **Net Metering in Brazil: regulation, opportunities and challenges.** IEEE Latin America Transactions, v. 14, nº 8, p3687- 3694, 2016.

Zhou et al. (2010) **found a positive and significant relationship between task-technology fit and performance expectancy in the context of mobile banking.** Similarly, Im et al.

WERFF, E.; THOGERSEN, J.; BRUIN, W.B. **Changing Household Energy Usage: The Downsides of Incentives and How to Overcome Them,** IEEE Power and Energy Magazine, vol. 16, no. 1, pp. 42-48, Jan-Feb. 2018

**Wiki da biblioteca UPM.** Disponível em: <https://iotdk.intel.com/docs/master/upm/modules.html>. Acesso em 05 de maio de 2022.

**Wiki da biblioteca MRAA.** Disponível em: <https://iotdk.intel.com/docs/master/mraa/python/index.html>. Acesso em 05 de maio de 2022.