



IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

REDES INTELIGENTES NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Isadora Vilela Bezerra, (UPE)

isadora_vilela@hotmail.com

Ellen Carmelita Capelo Silva, (UPE)

ellencapelo@hotmail.com

Francisco José Costa Araújo, (UPE)

Paco51@uol.com.br

Resumo: Com o avanço do uso da tecnologia digital nos sistemas de fornecimento de energia elétrica, começa a surgir o que se chamou de quarta geração. Paralelamente ao crescimento da implementação dessa geração de sistemas de fornecimento de energia elétrica, surgiu a indústria 4.0. Essa pesquisa objetiva apresentar um panorama geral sobre as *Smart Grids*, suas principais tecnologias e sua importância frente à Quarta Revolução Industrial. De acordo com o estudo bibliográfico desenvolvido, mostrou-se que são diversas tecnologias necessárias para viabilizar a implantação de Redes Inteligentes e Indústria 4.0. Além disso, nota-se que a prática da Indústria 4.0 não caminha a mesmos passos no mundo. Como metodologia do trabalho adotou-se a busca por termos livres relacionados ao tema em estudo nas bases de dados BNDES, IEEE e *Google Acadêmico*. Foram selecionados artigos publicados entre os anos de 2010 e 2017, escritos em português e inglês e que estivessem relacionados ao objetivo da pesquisa. Obedecendo aos critérios estabelecidos, foram incluídos no presente estudo treze trabalhos. A pesquisa constatou que as principais contribuições das Redes Inteligentes (RIs) são a otimização da produção, distribuição e o consumo de energia, possibilitando o empoderamento dos consumidores e a entrada de novos fornecedores e consumidores na rede, com melhorias consideráveis em segurança, monitoramento, gestão, automação e qualidade da energia ofertada. Além disso, as RIs contribuem para a redução do impacto ambiental através da preferência ao uso de fontes renováveis de energia.

Palavras-chave: *Smart grids*, Quarta Revolução Industrial, Industry 4.0, Sistemas Físico-cibernéticos.



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

1. Introdução

Um dos grandes problemas da atualidade refere-se à carência de eficiência no que tange o gerenciamento da energia elétrica. Influenciada tanto por motivos naturais quanto humanos, a distribuição e geração de energia sofreu um grande impacto causado tanto por condições climáticas, como as secas, como pelo crescente consumo da população. Outro motivo é o desgaste dos materiais utilizados nas ligações das subestações, que ocasiona intermináveis números de manutenções (FRACARI, SANTOS, SANCHEZ, 2015).

Segundo Bandeira (2012), as gerações dos sistemas de fornecimento de energia elétrica podem ser divididas em quatro. A primeira, composta por sistemas em corrente contínua que atendiam pequenas áreas. A segunda, já composta por sistemas em corrente alternada, era transmitida para os centros consumidores principalmente por meio de postes e cabos aéreos. A terceira caracterizou-se principalmente pelo compartilhamento do uso do subsolo pelas prestadoras de serviço público, resultando na redução dos investimentos e dos custos de manutenção.

Com o avanço do uso da tecnologia digital nos sistemas de fornecimento de energia elétrica, começa a surgir o que se convencionou chamar de quarta geração desses sistemas, as chamadas *Smart Grids*, estabelecendo significativo aumento da quantidade e da qualidade das informações relativas ao desempenho da rede, assim como disponibilidade dessas informações na própria rede e a possibilidade de atuação dos consumidores finais para, com base nessas informações, influírem no desempenho da rede, otimizando-o. Essa otimização do desempenho da rede de energia elétrica trouxe inúmeras vantagens pela interação bidirecional, entre elas, menores custos para a energia fornecida e, conseqüentemente, menores tarifas para os consumidores (BANDEIRA, 2012).

Paralelamente ao crescimento da implementação da chamada quarta geração dos sistemas de fornecimento de energia elétrica, surgiu a indústria 4.0. Tal conceito surgiu na Alemanha, propondo uma importante mudança de paradigma em relação à maneira como as fábricas operam atualmente. No intuito de promover a automatização da manufatura e conseqüentemente, aumentar a produtividade das linhas de produção, essa tendência tecnológica no ramo industrial pensa em gerar maior competitividade com a indústria internacional através de fábricas inteligentes (*smart manufacturing*).

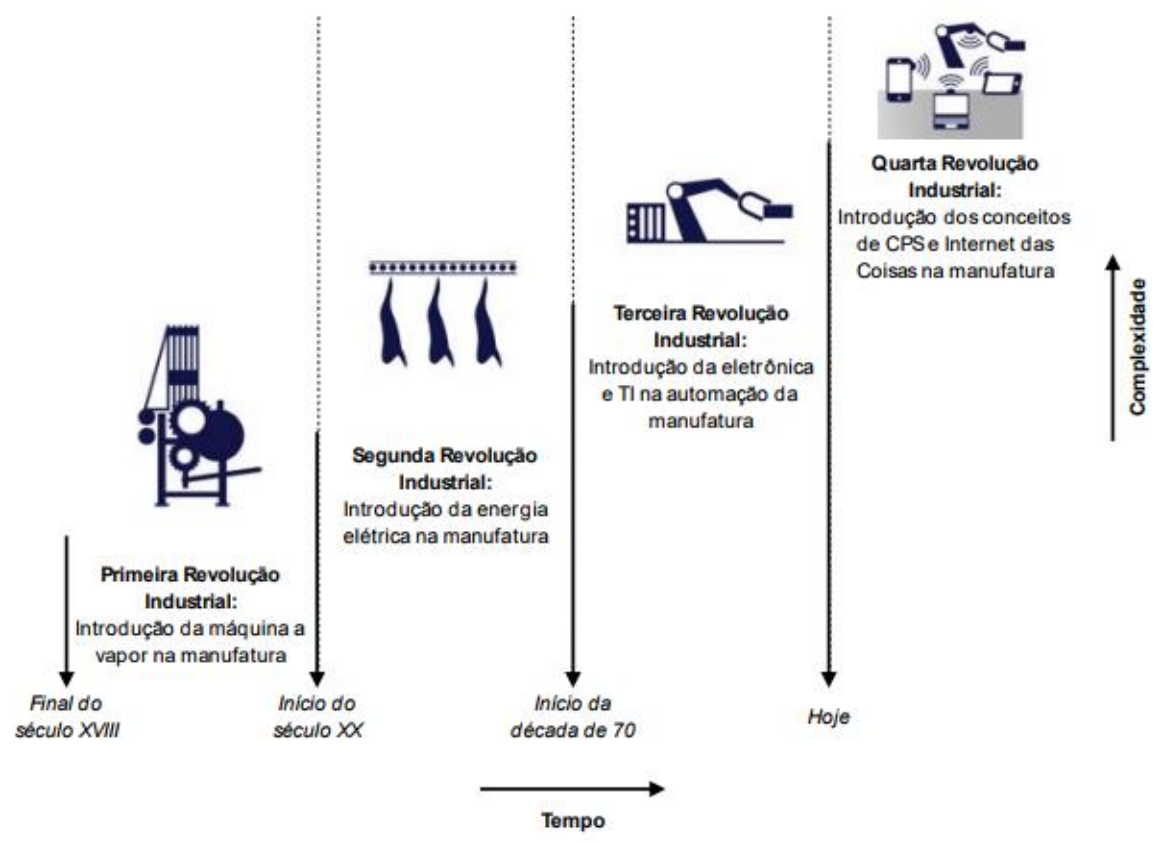


07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

Por essa perspectiva, deve haver uma completa descentralização do controle dos processos produtivos e uma proliferação de dispositivos inteligentes interconectados, ao longo de toda a cadeia de produção e logística. Tornar a Indústria 4.0 uma realidade irá requerer e implicará na adoção gradual de um conjunto de tecnologias emergentes de Tecnologia da Informação (TI) e automação industrial, na formação de um sistema de produção físico-cibernético, com intensa digitalização de informações e comunicação direta entre sistemas, máquinas, produtos e pessoas, ou seja, a tão famosa Internet das Coisas (IoT). Esse processo promete gerar ambientes de manufatura altamente flexíveis e auto ajustáveis à demanda crescente por produtos cada vez mais customizados (SEBRAE, 2016).

A Figura 1 apresenta as fases da Revolução Industrial e destaca a Internet das Coisas como um dos pilares da quarta fase, a Indústria 4.0.

Figura 1 – Fases da Revolução Industrial



Fonte: Adaptado de Kagermann, Wahlster e Helbig (2013)

Dessa forma, este artigo objetiva apresentar um panorama geral sobre as *Smart Grids*, suas principais tecnologias e sua importância frente à Quarta Revolução Industrial.



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

2. Metodologia

Como metodologia para a realização do artigo, foi feita uma revisão bibliográfica a respeito do tema em questão. As buscas foram realizadas em três bases de dados bibliográficos – BNDES, IEEE e *Google Acadêmico*. Foram selecionados artigos publicados entre os anos de 2010 e 2017, escritos em português e inglês. Optou-se pela busca por termos livres, sem o uso de vocabulário controlado (descritores), assim, houve uma recuperação de um maior número de referências, garantindo a identificação da maior parte dos trabalhos publicados dentro dos critérios que foram pré-estabelecidos. Os termos *smart grids*, redes inteligentes, Quarta Revolução Industrial, *Industry 4.0* e sistemas físico-cibernéticos foram pesquisados isoladamente e de forma combinada a fim de localizar referências coerentes com o tema abordado. Foram incluídos trabalhos que abordassem as fases da Revolução Industrial, as tecnologias utilizadas na indústria 4.0, tecnologias e implementação das redes inteligentes, cenário das redes inteligentes e da Indústria 4.0 no Brasil e no mundo e a importância das redes inteligentes para a indústria 4.0. Assim, de acordo com os critérios utilizados para a seleção de trabalhos, foram incluídos no presente estudo treze artigos científicos.

3. Referencial Teórico

Recentemente, as tecnologias emergentes, por exemplo, Internet das Coisas (IoT), redes de sensores sem fio, *big data*, computação em nuvem, sistemas embarcados e internet móvel estão sendo inseridos no ambiente de produção, iniciando a Quarta Revolução Industrial. Consequentemente, uma iniciativa estratégica denominada de “Indústria 4.0” foi proposta e adotada como parte do “*High-TechStrategy 2020 Action Plan*” (Plano de Ação de Estratégias de Alta Tecnologia 2020) do governo Alemão. Estratégias semelhantes foram propostas pelos principais países industrializados, como por exemplo, “Internet Industrial” dos Estados Unidos da América (EUA) e “Internet +” da China (WANG et al, 2015).

A Indústria 4.0 descreve uma produção orientada em Sistemas Físico-cibernéticos que integram as instalações de produção, sistemas de armazenagem, logística e até requisitos sociais para o estabelecimento das redes globais de criação de valor (WANG et al, 2015).

Segundo Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), a Indústria 4.0 possui um enorme potencial. As denominadas Fábricas Inteligentes permitem:



**IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

- Atender sob demanda do cliente a produção de peças com produção em série ou ainda itens únicos e exclusivos com lucratividade;
- Alterações de última hora na produção, proporcionando resposta rápida a mudanças na demanda ou no fornecimento;
- Alcançar transparência de ponta a ponta nos processos de fabricação, facilitando a tomada de decisões;
- Desenvolver novos modelos de negócios, possibilitando o *start-up* para pequenas empresas desenvolver e fornecer serviços a jusante.

Em alguns países, a Indústria 4.0 já começa a se tornar realidade, principalmente aqueles em que o governo a tem colocado no centro de suas estratégias de política industrial. Países como Alemanha e EUA possuem programas e planos que almejam colocar em prática esse novo conceito de indústria.

Na Alemanha, o desenvolvimento da Indústria 4.0 é uma das prioridades para o país ampliar sua competitividade. Nesse sentido, foram estabelecidos diversos planos e programas de financiamento complementares para estabelecer o país como um mercado fornecedor de sistemas cibernéticos até 2020. Dentre eles, destaca-se o Plano de Ação de Estratégia de Alta Tecnologia, responsável por reunir os principais inovadores e acionistas da tecnologia em um propósito comum de avançar as novas tecnologias. A iniciativa combina os recursos de todos os ministérios governamentais, estabelecendo bilhões de euros anualmente para o desenvolvimento de tecnologias de ponta, entre eles o projeto de indústria 4.0 do país (BUNSE; KAGERMANN; WAHLSTER, 2014).

Como contribuições para a implantação dos objetivos estabelecidos na estratégia de alta tecnologia são fornecidos também projetos de pesquisas, abordando temas como internet das coisas para indústria 4.0, pelo ministério federal da educação em seu programa focado em tecnologia de informação e comunicação (*Information and communication Technologies – ICT*) com "ICT 2020" no âmbito da estratégia de alta tecnologia 2020. Tal programa é concentrado na área de ICT em sistemas complexos (sistemas embarcados), métodos de produção, bem como a internet de coisas e serviços. As atividades de pesquisa conduzidas na



**IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

área dos sistemas para sistemas cibernéticos, internet de coisas e serviços, e indústria 4.0 são elegíveis para financiamento (BUNSE; KAGERMANN; WAHLSTER, 2014).

Focado na tecnologia autônoma da indústria 4.0, o governo alemão desenvolveu um programa, denominado programa de tecnologia autônoma para indústria 4.0, que possui dentre suas áreas prioritárias o desenvolvimento de sistemas capazes de lidar com tarefas complexas de forma autônoma, como os robôs, por exemplo (BUNSE; KAGERMANN; WAHLSTER, 2014).

Nos EUA, muitas iniciativas apoiam e incentivam a fabricação com novos conceitos emergentes da Indústria 4.0. Dentre elas, a Iniciativa Genoma de Materiais, a Iniciativa Nacional de Robótica e a Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI).

A Iniciativa Genoma de Materiais é destinada a criar recursos que apoiem as instituições dos EUA no processo de descobrimento, fabricação e implantação de materiais avançados, de forma duas vezes mais rápida e em uma fração do custo. Mais voltado para robótica tem-se a Iniciativa Nacional de Robótica, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e uso de robôs que trabalham junto ou cooperativamente com pessoas (KURFUSS, 2014).

A Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (NNI) serve como ponto central de comunicação, cooperação e colaboração para todas as agências federais envolvidas na pesquisa em nanotecnologia, reunindo os conhecimentos necessários para avançar neste campo amplo e complexo. Como objetivos principais, ela possui: a promoção de um programa de pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia (P&D) de classe mundial; a transferência de novas tecnologias para produtos comerciais e públicos; desenvolver e sustentar recursos educacionais, mão-de-obra qualificada e infraestrutura de apoio e ferramentas para avançar na nanotecnologia; e por último apoiar o desenvolvimento responsável da nanotecnologia (KURFUSS, 2014).

O cenário vivenciado por esses países cria um duplo desafio para o Brasil, pois, além de buscar o desenvolvimento dessas tecnologias, é preciso fazê-lo com relativa velocidade a fim de evitar que o gap de competitividade entre o Brasil e alguns de seus principais competidores aumente. Além disso, como vem ocorrendo em outros países, a difusão das tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil não atingirá todos os setores da mesma maneira e ao mesmo tempo. O nível de heterogeneidade da indústria brasileira exigirá que as políticas sejam adaptadas para



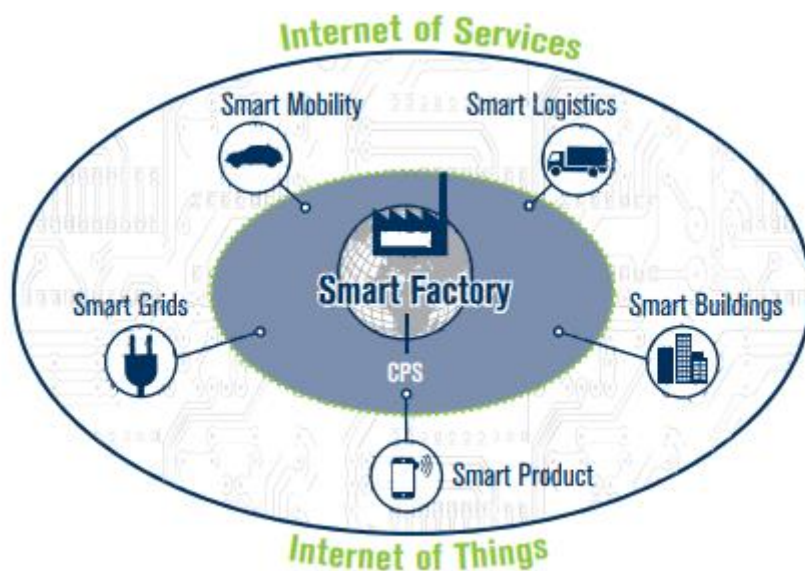
07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

diferentes conjuntos de setores e de empresas, que assumirão velocidades e condições diferenciadas (CNI, 2016).

No final de 2014, o Ministério das Comunicações criou a Câmara Máquina a Máquina (M2M) e Internet das Coisas, com objetivo de desenvolver o “Plano Nacional de Comunicação M2M e Internet das Coisas”. A Câmara é composta por associações e Ministérios, dividida em diversos subgrupos, sendo um deles o de Produtividade Industrial e Indústria 4.0. Recentemente, foi criado o Grupo de Trabalho de Indústria 4.0 com objetivo de elaborar o plano de ação para Indústria 4.0 no Brasil (CNI, 2016).

Para que Fábricas Inteligentes possam cumprir com o objetivo de lidar com necessidades personalizadas e desafios globais, algumas tecnologias emergentes devem ser aplicadas a todos os aspectos da indústria. A Figura 2 destaca a mobilidade inteligente, a logística inteligente, os edifícios inteligentes, os produtos inteligentes e as redes inteligentes como partes fundamentais para que tal objetivo seja alcançado.

Figura 2– Elementos que compõem as Fábricas Inteligentes



Fonte: Kagermann, Wahlster e Helbig (2013)

Apesar de existir diversas tecnologias emergentes que são empregadas nas Indústrias 4.0, conforme citadas anteriormente, esse artigo irá focar nas *Smart Grids*, ponto central desse estudo.



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

3.1 *Smart Grids*

A expressão “*Smart Grid*” deve ser compreendida mais como um conceito do que como um equipamento específico ou uma tecnologia. Fundamenta-se no uso intensivo de tecnologias de computação, automação e comunicações para monitoramento e controle da rede elétrica, as quais possibilitarão a implantação de estratégias de otimização e controle da rede de forma mais eficaz que as utilizadas atualmente (FALCÃO, 2010).

A incorporação do conceito de *Smart Grid* resultará em uma convergência acentuada entre as infraestruturas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e a infraestrutura de processamento de dados e comunicações digitais. A última irá operar como uma Internet de Equipamentos, conectando os denominados IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) e trocando informações e ações de controle entre os diferentes segmentos da rede elétrica. Essa reunião de diferentes tecnologias necessitará do desenvolvimento de novas técnicas de controle, automação e otimização da operação do sistema elétrico, com alta inclinação para o uso de técnicas de resolução distribuída de problemas, fundamentada na utilização de multi-agentes (FALCÃO, 2010).

Uma rede inteligente é modelada por dois círculos concêntricos – o círculo externo representa o fluxo de energia e o círculo interno representa as redes de comunicação. Foram propostas diferentes abordagens para o gerenciamento de fluxos de energia que integram a geração de energia distribuída. Uma das ideias mais interessantes emprega centros energéticos para gerenciar múltiplos tipos de energia, como por exemplo, eletricidade e gás natural (LISERRE; SAUTER; HUNG, 2010).

A tecnologia de conversão de energia permite uma interconexão eficiente e flexível dos diferentes usuários ou agente da rede inteligente: produtores, sistemas armazenadores de energia ou cargas. Todas as partes podem contribuir para a segurança da rede e podem ter a capacidade de trabalhar em diferentes modos operacionais, como o autônomo, a microrrede ou o grupo. No caso autônomo, o produtor de energia é desconectado da rede e fornece a uma única carga. Na microrrede, vários produtores, sistemas armazenadores e cargas estão conectados entre si e tentam operar uma ilha não controlada que possa interagir com a rede principal e com outras ilhas. No caso do grupo, vários produtores distribuídos através da rede elétrica principal tentam operar em conjunto, formando um produtor virtual com alto poder



IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

acumulativo que pode aceitar sinais de supervisão do operador do sistema (LISERRE; SAUTER; HUNG, 2010).

Segundo Falcão (2010), as tecnologias já disponíveis que viabilizam a implantação do conceito de *Smart Grid* são:

- a) Equipamentos Prediais e Eletrodomésticos Inteligentes: uso em residências e estabelecimentos comerciais de equipamentos elétricos capazes de alterar sua demanda em função de sinais de preço ou relacionados à confiabilidade do sistema elétrico;
- b) Geração Distribuída e Microgeração: tendência de inclusão de fontes energéticas dispersas, principalmente as renováveis (solar, eólica, fotovoltaica, entre outras) conectadas aos sistemas de distribuição de energia elétrica, apresentou crescimento nos últimos anos, devido ordens ambientais, políticas governamentais e avanços tecnológicos;
- c) IEDs: equipamentos padronizados que utilizam de tecnologia digital para proporcionar a convergência de tecnologias de controle, proteção e supervisão. São elementos que oferecem uma interface da infraestrutura de comunicações e processamento de informação com o sistema elétrico;
- d) Infraestrutura Automática de Medição (AMI): trata-se de um sistema automático de coleta e transferência de dados de medidores de energia para um sistema centralizado de processamentos de dados. Utiliza os denominados *Smart Meters*, que são medidores eletrônicos com funcionalidades expandidas e capacidade de troca de informações de forma bidirecional;
- e) PMUs: trata-se de dispositivos para Medição Fasorial Sincronizada (PMU em inglês) que representam um grande avanço na disponibilidade de informações para a determinação do estado operativo do sistema em grandes áreas geoeletricas.
- f) Precificação Dinâmica: através da capacidade de comunicação bidirecional entre as concessionárias e consumidores de energia, tornou-se possível a introdução de um sistema de precificação dinâmica. Nesse sistema, o preço da energia elétrica varia no decorrer do dia como meio de incentivo de políticas de melhoria do perfil da demanda e, em consequência, redução do custo de expansão e operação do sistema elétrico.



**IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

Assim como os sistemas de distribuição de energia elétrica e as matrizes energéticas diferem de um país para outro, as motivações dos países para implantação de redes inteligentes e o nível de prioridade que esta ocupa são diferentes. Nos últimos anos, as redes inteligentes e a integração trazida por elas principalmente dentro da indústria, a partir de sensores e equipamentos conectados em rede, ganhou espaço na agenda de desenvolvimento industrial de diversos países, como Alemanha e Estados Unidos (BANDEIRA, 2012).

Sendo pioneiro nas experiências envolvendo a integração das redes inteligentes na indústria, o setor de equipamentos eletroeletrônicos da Siemens em Amberg, na Alemanha, funciona com máquinas operando 24 horas por dia com 1.000 variantes diferentes do CLP (Controlador Lógico Programável), que são encomendados automaticamente pelo sistema. Esse processo de automação traz uma queda brusca de taxa de defeito: 12 peças com defeito a cada um milhão produzido (CNI, 2016).

Nos EUA, o marco inicial para a implantação de Redes Inteligentes é o ARRA–2009 (*American Recovery and Reinvestment Act*) que pretende proporcionar novo impulso à economia norte-americana, além disso, definiu incentivos financeiros para a implantação de Redes Inteligentes no país. Além do fator econômico, nos EUA o aumento da segurança do fornecimento de energia elétrica (menos vulnerabilidade a ataques de hackers, a ataques terroristas, a falhas provenientes da obsolescência dos ativos e a desastres naturais) e a preocupação com a preservação do meio ambiente, ou seja, alavancar a produtividade do segmento, aumentando o fornecimento de energia elétrica sem aumentar proporcionalmente as instalações físicas já existentes são fatores de motivação para a implantação de *Smart Grids* (BANDEIRA, 2012).

No Brasil, há iniciativas públicas e privadas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias, que visam à implantação de redes de energia elétrica inteligentes. Destaca-se a criação de um Grupo de Trabalho, criado pelo Ministério de Minas e Energia - MME, com a edição da Portaria nº 440, de 15 de abril de 2010, com objetivo de avaliar ações necessárias para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas para a implantação de um Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente (BANDEIRA, 2012).

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) também vem desenvolvendo consultas e audiências públicas, assim como edição de resoluções voltadas para a implantação de



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

medidores eletrônicos inteligentes em unidades residenciais. A ABRADDEE - Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica, em conjunto com a Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações – APEL, vem conduzindo estudos relativos ao tema *Smart Grids*, financiados com recursos do programa de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) do setor elétrico coordenado pela ANEEL (BANDEIRA, 2012).

4. Resultados

A transição das redes elétricas tradicionais para as *Smart Grids* acarretará uma reestruturação de um modelo inicialmente caracterizado pela geração centralizada e redes passivas de distribuição de energia elétrica para um novo patamar em que será possível a descentralização e integração, através das diferentes fontes que passarão a fazer parte das chamadas microrredes, conectadas de forma distribuída à rede elétrica, e do controle do trânsito de carga pela rede de transmissão e distribuição que passará a ser definida como macrorrede (OLIVEIRA; VIEIRA JÚNIOR, 2012).

As Redes Inteligentes tornam possível a integração de todo o processo, convertendo fábricas em um ambiente inteligente. As Fábricas Inteligentes representam elemento chave da Indústria 4.0, pois são capazes de gerenciar a complexidade dos processos e se apresentam menos suscetíveis a interrupções, além de apresentarem maior eficiência (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013)

Dentre as vantagens que as RIs trarão, destaca-se a capacidade de antecipar a resposta às perturbações do sistema (Auto Recuperação – *Self Healing*), por meio da utilização da informação obtida em tempo real através de sensores incorporados, dando ao controle automatizado a capacidade de prever, detectar e responder aos problemas do sistema elétrico. Além disso, as RIs devem acomodar uma grande variedade de fontes e demandas, utilizando sua capacidade de gerenciar a geração tradicional de energia elétrica, representada pelos grandes geradores como usinas hidrelétricas e termelétricas, e também de interligar as novas fontes de geração como unidades fotovoltaicas, pequenas turbinas eólicas e geradores distribuídos a diesel. Este gerenciamento interligado das várias fontes de geração de energia também contribuirá para a melhoria da confiabilidade do fornecimento, necessária na



**IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

Indústria 4.0, qualidade da energia entregue às unidades consumidoras e redução dos custos da geração de energia elétrica, além de possibilitar que o consumidor escolha o fornecedor de energia elétrica (OLIVEIRA; VIEIRA JÚNIOR, 2012).

Através do gerenciamento interligado de várias fontes de energia, as RIs permitirão que as fontes geradoras mais poluentes sejam acionadas somente em períodos críticos de demanda e em menor frequência (macrogerenciamento por parte dos operadores/geradores), reduzindo o impacto ambiental do sistema produtor de eletricidade e as perdas de energia elétrica (OLIVEIRA; VIEIRA JÚNIOR, 2012).

De acordo com Silva, Coutinho Filho e Araújo (2017), é crescente o interesse sobre qualidade de energia elétrica nos últimos anos, mediante a expansão do uso de equipamentos eletrônicos que são sensíveis às perturbações elétricas e o crescimento do uso de cargas perturbadoras da qualidade de energia, como por exemplo, os computadores, os aparelhos eletroeletrônicos, micro-ondas, inversores de frequência, controladores de intensidade luminosa, entre outras. Além disso, a qualidade no serviço de fornecimento de energia elétrica também exerce um papel fundamental no que tange, principalmente, ao setor industrial. Uma interrupção no fornecimento de energia elétrica pode acarretar vários problemas e prejuízos aos consumidores, como a perda da produção, de negócios, de sistemas de informações, entre outros.

Para Falcão (2010), a eficiência gerada por uma rede inteligente alavancará o sistema de distribuição tradicional, por meio de vantagens como o empoderamento dos consumidores, que possuirão a habilidade de incluir os equipamentos e comportamento dos consumidores nos processos de planejamento e operação da rede e a capacidade de mitigar e resistir a ataques físicos e cibernéticos.

Outro princípio das Redes Inteligentes é motivar a participação ativa de consumidores na operação da rede, conhecida como resposta da demanda, na qual deve permitir aos consumidores uma melhor gestão da utilização ou consumo da energia elétrica, ao utilizar o conceito de “preço em tempo real”, com o preço da energia elétrica sendo exibido dentro da unidade consumidora através de display integrado ao medidor eletrônico. Isso dará ao consumidor a autonomia de controlar diretamente certos dispositivos como condicionadores de ar, bombas de piscinas ou chuveiros elétricos, durante períodos de demanda crítica (horário



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

de pico) em troca de algum tipo de redução da tarifa de consumo ou descontos (OLIVEIRA; VIEIRA JÚNIOR, 2012).

Com a resposta da demanda mediante a atuação remota em dispositivos dos consumidores, características das RIs citada acima, uma das propostas da Indústria 4.0 é atendida: atender os requisitos individuais do cliente, criando uma configuração específica para determinado cliente, permitindo que as mudanças de última hora sejam incorporados. Nesse sentido, a Indústria 4.0 obterá maior flexibilidade e robustez juntamente com os mais altos padrões de qualidade de planejamento e operação, o que levará ao surgimento de valor dinâmico, otimizado em tempo real, auto organizando cadeias que podem ser otimizadas com base em uma variedade de critérios como custo, disponibilidade e consumo de recursos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

5. Conclusão

Devido à necessidade por produtos personalizados e os desafios globais para ganhar força competitiva considerando a globalização dos mercados, foi introduzida uma nova fase da Revolução Industrial através da prática da Indústria 4.0. São diversas tecnologias associadas ao conceito de Indústria 4.0, como por exemplo, sistemas embarcados, computação em nuvem, redes de sensores sem fio, redes inteligentes de energia elétrica, entre outras. Com a finalidade de atender tais necessidades e desafios, as tecnologias de informação emergentes devem ser aplicadas a todos os aspectos da indústria para a interação dos mais diversos recursos materiais, sociais e ambientais. Em seguida, produtos personalizados e de alta qualidade podem estar disponíveis com uma melhoria da eficiência de produtividade, recursos e baixo custo.

A prática da Indústria 4.0 não caminha a mesmos passos no mundo. Países mais industrializados como Alemanha e EUA largaram na frente e já estão tornando as Fábricas Inteligentes uma realidade. Já a realidade do Brasil é diferente, o país ainda enfrenta o desafio pela busca do desenvolvimento das tecnologias necessárias, devendo ainda fazê-la de forma rápida com o objetivo de minimizar a lacuna de competitividade pelo mercado com os principais países competidores.



**IX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE
VIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

As Redes Inteligentes se apresentam como um dos pilares da Indústria 4.0. Baseiam-se na utilização intensa de tecnologias de automação, computação e comunicações para monitoramento e controle da rede elétrica. As *Smart Grids* proporcionam a integração de infraestruturas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e a infraestrutura de processamento de dados e comunicações digitais.

Para que as Redes Inteligentes sejam implantadas, é necessária a associação de algumas tecnologias viabilizadoras, são elas: equipamentos prediais e eletrodomésticos inteligentes; geração distribuída e microgeração; IEDs; AMI; PMUs e precificação dinâmica. Essas tecnologias são utilizadas para realizar a integração das diferentes infraestruturas citadas anteriormente.

Assim como a Indústria 4.0, a prática das Redes Inteligentes não está no mesmo patamar no mundo. Para países como Alemanha, EUA e outros países mais industrializados, as motivações para implantação dessas redes ocupam um alto nível de prioridade. Recentemente, as Redes Inteligentes e a integração oferecida por elas, principalmente no setor industrial, conseguiu espaço na agenda de desenvolvimento industrial desses países. No Brasil, há o incentivo às políticas públicas e privadas que contemplem o estudo e desenvolvimento das tecnologias requeridas para a implantação dessas redes no país.

São vários os benefícios atribuídos a utilização de RIs, Elas tornam possível a integração de todo o processo, convertendo fábricas em um ambiente inteligente. Nesse aspecto, conclui-se que as principais contribuições das RIs são a otimização da produção, distribuição e o consumo de energia, possibilitando o empoderamento dos consumidores e a entrada de novos fornecedores e consumidores na rede, com melhorias consideráveis em segurança, monitoramento, gestão, automação e qualidade da energia ofertada. Além disso, as RIs contribuem para a redução do impacto ambiental através da preferência ao uso de fontes renováveis de energia.



07 a 09 março de 2018 - Juazeiro - BA

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **CHAMADA NO 011/2010 PROJETO ESTRATÉGICO: “PROGRAMA BRASILEIRO DE REDE ELÉTRICA INTELIGENTE”**. Brasília, 2010.
- BANDEIRA, FAUSTO DE PAULA MENEZES. **REDES DE ENERGIA ELÉTRICA INTELIGENTES (SMART GRIDS)**. Brasília, 2012.
- BUNSE, B.; KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W. **INDUSTRIE 4.0: Smart Manufacturing for the Future**. Germany Trade and Invest.
- CNI. **DESAFIOS PARA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL**. Brasília, 2016.
- FALCÃO, Djalma M. **Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid**. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 3., 2010, Belém. Anais... Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2010. p. 1-5.
- FRACARI, F.; SANTOS, I.; SANCHEZ, G.; **Smart Grid: uma nova forma de controle de Energia Elétrica**. Revista de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia, 2(1): 15-22, 2015.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Acatech, p. 13-78, 2013.
- Kurfuss, T. (2014). **Industry 4.0: Manufacturing in the United States**. Bridges, Vol. 42, December 2014/ Feature
- LISERRE, M.; SAUTER, T.; HUNG, J. Y. **Future Energy Systems: Integrating Renewable Energy Sources into the Smart Power Grid Through Industrial Electronics**. IEEE Industrial Electronics Magazine. v. 4, n. 1, p. 18-37, 2010.
- OLIVEIRA, R.; VIEIRA JUNIOR, J. **BENEFÍCIOS E DESAFIOS DE REDES INTELIGENTES**, Revista Eletrônica de Energia, v. 2, n.1, p. 3-14, jan. /dez. 2012.
- SEBRAE. **Saiba o que é a Indústria 4.0 e descubra as oportunidades que ela gera**. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/saiba-o-que-e-a-industria-40-e-descubra-as-oportunidades-que-ela-gera,11e01bc9c86f8510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 21 jan. 2018.
- SILVA, E. C. C.; COUTINHO FILHO, W. A. da C.; ARAÚJO, F. J. C. **A Qualidade da Energia Elétrica no Contexto da Quarta Revolução Industrial – Indústria 4.0**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 37., 2017, Joinville. Anais... Recife: UPE, 2017. p. 1-20.
- WANG, S et al. **Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook**. International Journal of Distributed Sensor Networks. Guangzhou, 1 jan. 2016. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1155/2016/3159805>>. Acesso em: 11 jan. 2018.