



BENEFÍCIOS E DESAFIOS DE REDES INTELIGENTES

Rafael Deléo Oliveira

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
rafael.deleo@gmail.com

José Carlos de Melo Vieira Júnior

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo
jcarlos@sc.usp.br

RESUMO

A preocupação com a emissão de gases de efeito estufa (GEE), principalmente as relacionadas ao dióxido de carbono (CO₂), o desenvolvimento de novas fontes renováveis de geração de energia ou menos poluentes, o interesse na melhoria da qualidade da energia fornecida ao consumidor e as preocupações com as tarifas estão motivando o setor elétrico a buscar soluções práticas que atendam os interesses de consumidores, distribuidores e geradores de energia elétrica. Uma solução, alvo de pesquisas, é a chamada Rede Inteligente ou *Smart Grid*. Este conceito tem como objetivo criar uma nova infraestrutura de distribuição de energia elétrica, possibilitando o desenvolvimento, a integração e a aplicação de tecnologias da comunicação, informática e eletrônica nas chamadas macrorredes e microrredes, com a finalidade de otimizar o controle e operação das redes elétricas através do uso de controles e informações em tempo real. Então, neste texto são apresentados e discutidos alguns termos que se fazem necessários para a compreensão deste conceito, tais como macrorrede e microrrede, quais as funções que a rede inteligente deverá apresentar, os benefícios gerados pela implantação de uma rede inteligente para concessionárias de distribuição de energia elétrica e consumidores residenciais, comerciais ou industriais e os desafios relacionados à implantação desse sistema.

Palavras-chave: Rede inteligente; Medição inteligente; Medidor inteligente; Macrorrede; Microrrede.

ABSTRACT

The concern about the emission of greenhouse gases (GHG), especially those related to carbon dioxide (CO₂), the development of new renewable energy resources, the interest in improving the quality of power supplied to the customers and concerns about the tariffs are causing the electric sector to find practical solutions that meet the interests of customers, distributors and producers of electricity. One solution, which is still subject of research, is called Smart Grid. This concept aims to create a new infrastructure to deliver electricity, enabling the development, integration and application of communication technologies, informatics and electronics called macrogrids and microgrids, in order to meet the future energy needs. So, this paper presents and discusses some terms that are necessary for understanding this concept, such as macrogrids and microgrids, which functions smart grids must perform, the benefits generated by the deployment of an intelligent network for distribution utilities and residential, commercial and industrial customers, and the challenges related to implementation of this system.

Keywords: Smart Grid; Smart metering; Smart meter; Macrogrid; Microgrid.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a emissão de gases de efeito estufa (GEE), principalmente as relacionadas ao dióxido de carbono (CO₂), o desenvolvimento de fontes renováveis de geração de energia, ou menos poluentes, o interesse na qualidade da energia gerada e fornecida ao consumidor e as preocupações com as tarifas estão motivando o setor elétrico a buscar soluções práticas que atendam os interesses de consumidores e produtores de energia elétrica. Uma solução, alvo de pesquisas, é o conceito Rede Inteligente ou *Smart Grid*.

Este conceito se aplica a todo o sistema elétrico, incluindo geração, transmissão, distribuição e consumo em residências, edifícios comerciais e residenciais, e complexos industriais, sendo que está sendo largamente estudado para aplicações principalmente em sistemas de distribuição de classe 15 kV e 25 kV, já que a rede de distribuição representa a maior e mais complexa rede do sistema elétrico (SAINT, 2009). Este conceito busca adicionar monitoramento, análise, controle e capacidade de comunicação nos sistemas elétricos, maximizando a utilização do sistema elétrico de transmissão e distribuição, estimulando o consumo racional da energia elétrica e reduzindo as perdas de energia existentes. Estes objetivos podem ser alcançados por meio da utilização de tecnologias já empregadas pelas empresas do setor elétrico, mas acrescentando os recursos da comunicação e controle na otimização do funcionamento de toda a rede elétrica por meio da integração e aplicação de tecnologias da comunicação, informática e eletrônica na supervisão e controle das chamadas macrorredes (*macrogrids*) e microrredes (*microgrids*), posicionando-se para tirar proveito de novas tecnologias, entre outras, *plug-in* de veículos elétricos (*Electric Vehicle – EV*) e híbridos (*Hybrid Electric Vehicle – HEV*), medição inteligente utilizando medidores eletrônicos, também conhecidos como medidores inteligentes (*smart meters*), gerenciamento de iluminação pública, automação e interconexão de geração distribuída, destacando a energia eólica e solar (XU WEI et al., 2009; BROWN, 2008).

Além dos benefícios citados anteriormente, justificando o estudo e desenvolvimento de Redes Inteligentes, também se pode destacar a busca por alta confiabilidade e qualidade da energia, otimização da utilização dos ativos do sistema elétrico (chaves seccionadoras, cabos, transformadores, disjuntores, etc.), minimização dos custos de operação e manutenção do sistema, auto-diagnose e auto-reparação (conceito *Self Healing*) da rede elétrica frente a qualquer problema detectado no circuito elétrico, resistência a ataques cibernéticos, capacidade de interconexão de grande variedade de fontes de geração na forma distribuída e opções de armazenamento de energia (BROWN, 2008). A adoção do recurso de armazenamento de energia no novo modelo proposto pelo conceito de rede inteligente visa atender as necessidades de consumo localmente devido à introdução de fontes de energia intermitentes na matriz energética, como a geração eólica e a geração fotovoltaica, além do caráter de apoiar o gerenciamento das redes elétricas em situações de emergência (CHIANG et al., 2008).

Assim, a Rede Inteligente poderá alterar procedimentos de operação e de planejamento de sistemas de energia elétrica, padrões de consumo de energia, promovendo uma transformação significativa, sendo que a parte mais visível será a utilização de medidores inteligentes. A criação e implantação desses medidores eletrônicos fornecerão condições para a introdução de novos modelos tarifários, capazes de mudar o comportamento de toda a cadeia consumidora de energia elétrica. Também, a nova rede elétrica fará uso de telecomunicação, monitoramento, sistema de informação e computação para o suporte dos medidores eletrônicos e sensores

instalados ao longo do percurso existente entre a fonte geradora e a fonte consumidora, combinados com a infraestrutura já existente (LOPES et al., 2010).

Sendo assim, a Rede Inteligente poderá beneficiar a otimização do uso de recursos energéticos a partir do momento que promover o deslocamento de cargas e o uso racional da energia através de estímulos mercadológicos como o conceito de “preço em tempo real”, a formatação e introdução de novos modelos tarifários (postos tarifários) e o controle da demanda através do conceito de “gerenciamento pelo lado da demanda” (LOPES et al., 2010; SMART E-ENERGY, 2010).

Então, com o conhecimento em tempo real das curvas de carga dos consumidores e conseqüentemente dos hábitos de consumo, haverá a possibilidade de introdução de novo sistema tarifário que contará com tarifas diferenciadas ao longo do dia, que a exemplo do conceito de “preço em tempo real” também incentivará o deslocamento de carga (SMART E-ENERGY, 2010). Também poderá ser capaz de agregar novas fontes de geração de energia próximas ao consumidor, melhorar a qualidade da energia a partir do momento em que for capaz de reconfigurar automaticamente o circuito ameaçado por interrupção, gerenciar pacotes de cargas e analisar a necessidade de manutenções baseadas nas condições de uso dos equipamentos. Todos esses fatores poderão contribuir ainda para reduzir perdas e custos durante a operação e manutenção do sistema elétrico.

Portanto, o significado de Rede Inteligente é a transição de um modelo caracterizado pela geração centralizada e redes passivas de distribuição de energia elétrica para um modelo caracterizado pelo gerenciamento e controle da geração realizada pelas 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 macrorede. Dessa forma, atinge-se o objetivo de aumentar a capacidade de integração de geração distribuída das centrais de microgeração ou microprodução de energia nas redes elétricas, principalmente em redes de baixa tensão definidas como microrredes [CHIANG et al., 2008]. Além disso, a introdução de tecnologias da informação para gerenciamento da rede poderá favorecer a redução das perdas e o aumento da eficiência dos sistemas como um todo [SMART E-ENERGY, 2010].

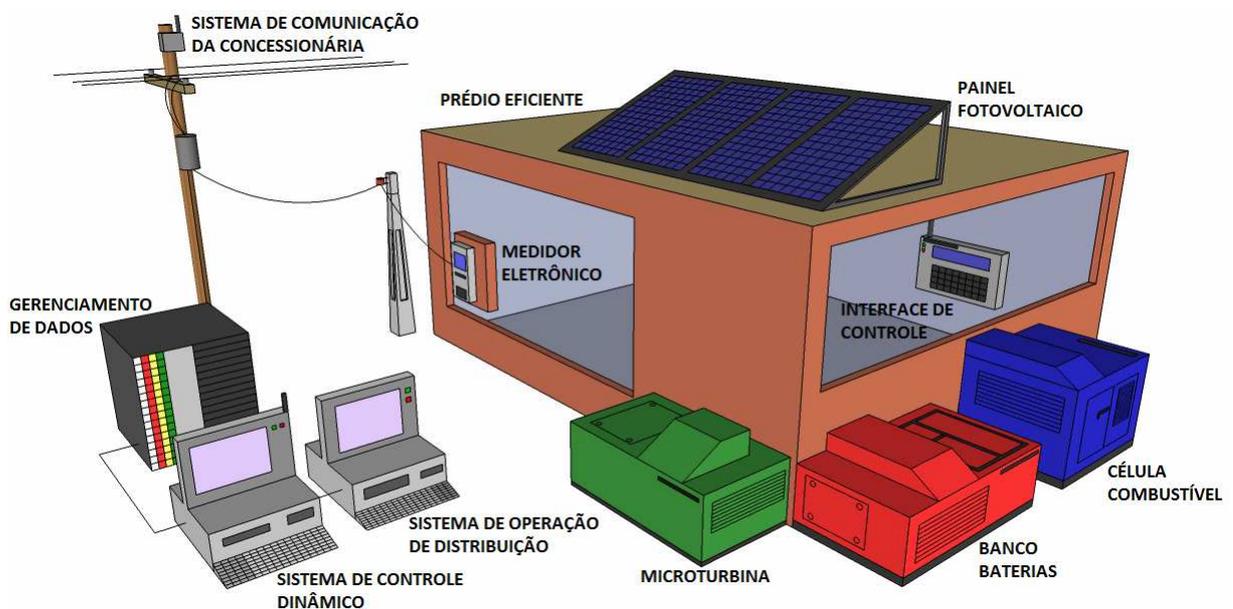
Então, dentro do contexto apresentado anteriormente, observa-se que as Redes Inteligentes, uma vez implantadas e operando com toda a capacidade de recursos, poderá melhorar significativamente a operação dos sistemas de geração, transmissão e de distribuição em vários aspectos. Operar com toda a capacidade de recursos implica em uma integração eficiente de diferentes especialidades e equipamentos que pode transformar as Redes Inteligentes em sistemas complexos. Neste sentido, este artigo visa apresentar e discutir alguns conceitos sobre as funcionalidades, desafios e benefícios da implantação de Redes Inteligentes, com o foco em sistemas de distribuição de energia elétrica.

Sendo assim, o trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2, os conceitos de macrorede e microrrede são apresentados. As funções que deverão ser agregadas as Redes Inteligentes são apresentadas nas seções 3 e 4, respectivamente. Na seção 5 são apresentadas algumas características de sistemas de medição inteligentes na baixa tensão. Finalmente, as principais conclusões são apresentadas na seção 6.

2 MACROREDE E MICROREDE

A título de exemplo, na Figura 1 tem-se a representação conceitual de uma microrede que controla um sistema composto por um gerador fotovoltaico (painel fotovoltaico e banco de baterias), uma célula a combustível e uma microturbina presentes em um prédio eficiente. Através da interface de controle, o usuário pode monitorar os parâmetros referentes à energia gerada pelos equipamentos, monitorar a qualidade e o valor da energia fornecida pela concessionária e também controlar o funcionamento de certos equipamentos (máquinas de lavar roupa, secadoras de roupa, bombas de piscinas, entre outros). Também está representada a macrorede, que consiste na comunicação entre o medidor eletrônico e o Centro de Controle de Medição (CCM) da concessionária, representado pelos equipamentos de gerenciamento de dados e sistemas de controle dinâmico e operações de distribuição, através do sistema de comunicação que pode ser realizado via cabeamento ou rádio frequência.

Figura 1 – Macrorede e microrede



Como pode ser observado na Figura 1, a Rede Inteligente não contará apenas com as tradicionais fontes de geração de energia, caracterizada pelas grandes usinas hidrelétricas e termelétricas (convencionais e não convencionais). O sistema elétrico do futuro poderá apresentar grande participação de pequenos geradores (microgeradores) conectados de forma distribuída ao sistema de fornecimento de energia, principalmente ao sistema de distribuição.

Estes microgeradores serão caracterizados por motores reversíveis, microturbinas, células a combustível, geradores estacionários a diesel, gasolina ou gás natural, sistema fotovoltaico e sistema eólico. Além dos dispositivos de geração haverá a presença de dispositivos para armazenamento de energia (acumuladores de baterias e *plug-in* de carros elétricos) para atendimento das necessidades energéticas dos consumidores em casos de falha no sistema de geração local (por exemplo, telhados fotovoltaicos e pequenos aerogeradores) ou na rede elétrica de distribuição, todos localizados e conectados de forma distribuída no sistema elétrico de média tensão (sistema de distribuição) (CHIANG et al., 2008; VEERACHARY et al., 2002).

Sendo assim, os microgeradores poderão ser conectados e desconectados a qualquer momento da rede de distribuição, dependendo unicamente do preço da energia elétrica fornecida pela rede principal (concessionária local de energia elétrica).

Então, no caso em que a energia elétrica fornecida pela concessionária apresentar custo inferior ao da energia gerada pelas fontes distribuídas, a microrede desconecta seus geradores e passa a comprar energia da rede da concessionária de energia. A energia gerada pela microrede e não utilizada poderá ser armazenada para posterior consumo em momentos em que houver falha no fornecimento principal ou em horários que a energia da rede principal for mais cara, principalmente em horários de pico.

Além disso, os microgeradores poderão ser desconectados da rede caso a energia elétrica entregue à rede principal apresente desconformidade em relação aos parâmetros de qualidade exigidos para que a mesma possa ser injetada na rede. O mesmo princípio se aplicará aos consumidores que apresentarem problema que comprometa a qualidade da energia ou a integridade do sistema (VEERACHARY et al., 2002).

Outra capacidade da microrede será o gerenciamento do funcionamento de equipamentos não críticos, representados principalmente por equipamentos residenciais, como máquinas de lavar roupa, máquinas centrífugas, secadoras de roupas e bombas de piscinas, durante horários de pico ou de falta de energia na rede principal, promovendo o desligamento desses equipamentos e garantindo a continuidade do fornecimento para setores prioritários ou críticos, como hospitais, prontos socorros e delegacias de polícia (VEERACHARY et al., 2002).

Portanto, uma microrede poderá se transformar em fornecedora de energia para a rede principal, sendo que em períodos de baixo consumo o consumidor poderá injetar na rede principal o excedente de potência gerada, passando para a categoria ou condição de gerador (microgerador), aumentando assim a qualidade do fornecimento de energia como um todo (VEERACHARY et al., 2002).

Uma vez definidos os conceitos de micro e macroredes e observando que elas podem ser consideradas componentes-chave de uma Rede Inteligente, é necessário o entendimento de quais serão as funções que a rede deverá apresentar e benefícios alcançados com a implantação desse sistema. Esse assunto é abordado na próxima seção.

3 FUNÇÕES DE UMA REDE INTELIGENTE

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 sete funções ou princípios (SAINT, 2009; XU WEI et al., 2009; BROWN, 2008):

- 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;

- Motivar a participação ativa de consumidores na operação da rede (resposta à demanda ou controle da demanda): a Rede Inteligente deverá permitir aos consumidores uma melhor gestão da utilização ou consumo da energia elétrica, permitindo assim a redução dos gastos com o consumo de energia elétrica. Esta característica utilizará 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 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 ganhos com a venda do excedente de energia elétrica para a rede de distribuição;
- Operar contra ataques cibernéticos e desastres naturais: deve ser considerado no planejamento da Rede Inteligente que a mesma deverá ser capaz de identificar e responder a interrupções provocadas por causas naturais, que podem incapacitar um sistema de comunicação ou linha de transmissão e distribuição. Também, deve 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, permitindo 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;
- Fornecer alimentação de alta qualidade: a Rede Inteligente fornecerá energia elétrica com alto grau de qualidade com diferentes preços, o que permitirá o balanceamento da sensibilidade da carga com a qualidade da energia entregue a um preço razoável;
- 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*. 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 fornecedor de energia elétrica (mercado de eletricidade);
- Ativar novos serviços: As funcionalidades agregadas aos medidores eletrônicos representarão novos serviços que deverão ser disponibilizadas aos consumidores, destacando o acesso aos indicadores relacionados à qualidade da energia consumida, visualização da tarifa praticada no posto tarifário corrente e indicadores relacionados à continuidade do serviço.

- Otimizar e executar operações com mais eficiência: a Rede Inteligente deverá otimizar a utilização dos ativos e operar de forma eficiente as atividades da rede, minimizando dessa forma os custos de manutenção, aumentando o fluxo de potência, reduzindo o desperdício e o custo de geração de energia.

Na próxima seção são descritos alguns benefícios que poderão ser alcançados com a implantação da Rede Inteligente.

4 BENEFÍCIOS DE UMA REDE INTELIGENTE

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 (*billing*, no inglês), 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.

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, que juntos permitirão que o 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.

Então, analisando as possibilidades de uma Rede Inteligente podem-se esboçar os seguintes panoramas:

- Através do gerenciamento, a Rede Inteligente permitirá que as fontes geradoras mais poluentes sejam acionadas somente em períodos críticos de demanda e em menor frequência (macrogerenciamento por parte dos operadores/geradores);
- Através do gerenciamento local da rede elétrica, a Rede Inteligente permitirá a integração da geração distribuída, realizada através de pequenos geradores, tais como pequenas turbinas eólicas, telhados fotovoltaicos e mini e microturbinas movidas a gás natural (microgeração por parte dos consumidores/geradores);
- Através do conceito “preço em tempo real” permitirá o gerenciamento da demanda por parte do consumidor, fortalecendo assim o gerenciamento pelo lado da demanda;

- Através do conceito “gerenciamento em tempo real” haverá a possibilidade de integração de fontes renováveis de geração de energia elétrica, como fotovoltaica e eólica, de forma eficiente à rede elétrica quando as condições de geração das mesmas forem favoráveis;
- Através do gerenciamento em tempo real do consumo local (microgerenciamento) existe a possibilidade de análise, escolha e implantação de projetos de eficiência energética.

Assim, pode-se notar que com a diminuição na demanda, estimulada pelo mecanismo de preço em tempo real e pelo gerenciamento em tempo real, com a implantação de projetos de eficiência energética e com a interconexão de fontes renováveis de geração de energia elétrica (fotovoltaica, eólica, células a combustível, etc.), poderá haver uma menor necessidade de utilização de unidades geradoras, principalmente nos períodos de pico, que utilizam como combustíveis o gás natural ou os derivados do petróleo (gasolina, diesel e querosene), contribuindo dessa forma para a redução de emissão de gases de efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO). Nesses casos, o atendimento da carga de base do sistema elétrico continuará sendo realizado pela geração de grande porte (usinas hidrelétricas, usinas termelétricas a gás e usinas nucleares), garantindo dessa forma a robustez do sistema em relação à frequência, nível de curto-circuito e confiabilidade.

Então, descrito o que vem a ser a macrorede e microrede, quais as funções que a Rede Inteligente deverá apresentar e os benefícios que poderão ser alcançados com a mesma, o próximo passo é analisar a medição inteligente na rede de baixa tensão já que, dentro do conceito de Rede Inteligente, esta será a parte mais visível ao consumidor residencial através da utilização dos medidores inteligentes que deverão substituir gradativamente os atuais medidores eletromecânicos.

5 MEDIÇÃO INTELIGENTE NA REDE DE BAIXA TENSÃO

Os benefícios de uma Rede Inteligente serão alcançados com a utilização em larga escala de sensoriamento e automação de toda a rede de transmissão e distribuição de energia elétrica, os quais deverão ser suportados por uma infraestrutura de comunicação (telecomunicação) a fim de que os dados gerados nos diversos pontos de medições possam ser analisados. Dessa forma, o estado da rede poderá ser conhecido em tempo real, permitindo uma atuação mais eficiente em relação às prevenções ou quando da ocorrência de problemas na rede elétrica. Em resumo, o sensoriamento será utilizado para aquisição de dados em tempo real que após análise serão utilizados nas tomadas de decisões, também em tempo real, enquanto que a automação será empregada para que as decisões possam ser implementadas em tempo hábil e de forma remota, beneficiando tanto concessionárias quanto clientes. Sendo assim, a Rede Inteligente poderá e deverá realizar medições ao longo de toda a extensão da rede elétrica, seja na transmissão em alta tensão ou na distribuição em baixa tensão (VIEIRA; GRANATO, 2011).

A título de exemplo, a Rede Inteligente, poderá detectar sobrecarga em transformadores no sistema de transmissão através de dados de telemetria e monitorar a qualidade da energia através de oscilografia, entre outras funções; e no sistema de distribuição de energia elétrica estará presente através da medição inteligente (*smart metering*), sistema composto por medidores eletrônicos, comunicação dupla via e softwares (0, 2011).

Para isso, os medidores inteligentes deverão ter capacidade de armazenamento e processamento de dados, e comunicação com o Centro de Controle de Medição da concessionária de energia elétrica através de infraestrutura de comunicação dupla via. Programas computacionais deverão dar suporte para que os dados dos medidores eletrônicos sejam adquiridos de forma automática e em intervalos de tempo programáveis, além de permitir o envio de comandos para controle dos medidores de forma remota e garantir a segurança da análise dos dados e o trânsito das informações (VIEIRA; GRANATO, 2011).

Dentro do contexto da Medição Inteligente existem alguns termos que devem ser explorados para melhor entendimento da evolução deste conceito que são Leitura Automática do Medidor (*Automated Meter Reading – AMR*), Infraestrutura de Medição Avançada (*Advanced Metering Infrastructure – AMI*), Gerenciamento Avançado do Medidor (*Advanced Meter Management – AMM*) e Gerenciamento de Dados do Medidor (*Meter Data Management – MDM*) (VIEIRA; GRANATO, 2011).

A Leitura Automática do Medidor (AMR), primeira tecnologia a ser implantada em uma rede elétrica, é um sistema de coleta de dados com comunicação unidirecional, ou seja, somente dados enviados dos medidores inteligentes ao Centro de Controle de Medição da concessionária de energia elétrica. Com este sistema, o processo de geração de fatura, também conhecido como *billing*, se torna mais confiável para o consumidor e elimina a necessidade dos leituristas que para as concessionárias significa economia de tempo, maior agilidade no faturamento e economia com pessoal de campo [VIEIRA; GRANATO, 2011; SORES, 2010; FALCÃO, 2009]. Inicialmente, em alguns projetos-piloto, este sistema era utilizado apenas para monitoramento de clientes residenciais sendo posteriormente utilizado no monitoramento de clientes comerciais e industriais, com aquisição de dados feita uma vez por mês e que progressivamente passou a ser feita diariamente até evoluir para medições horárias (JIMENEZ, 2006).

O sistema de Infraestrutura de Medição Avançada (AMI) é a evolução do sistema AMR e utiliza fluxo de dados dupla via entre o medidor inteligente e o Centro de Controle de Medição da distribuidora de energia. Além de atuar no processo de geração de fatura, este sistema analisa a demanda de energia na unidade consumidora podendo atuar diretamente sobre dispositivos do consumidor, principalmente em períodos de pico, ou estimulando a participação ativa do consumidor através da sinalização do preço da energia no display da interface de controle através do conceito “preço em tempo real” (dinâmica de preços), configurando o controle pelo lado da demanda (VIEIRA; GRANATO 2011; FALCÃO, 2009).

Outra evolução importante dentro do conceito de Rede Inteligente é a implantação do sistema de Gerenciamento do Medidor Avançado (AMM) que permite o gerenciamento e controle de grupos de medidores possibilitando que a concessionária de energia elétrica atue sobre o medidor eletrônico, que deixa de ser um equipamento passivo e passa a ser um equipamento ativo na rede, assegurando maior confiabilidade e segurança no trânsito das informações entre o medidor eletrônico e o Centro de Controle de Medição (VIEIRA; GRANATO, 2011; SOARES, 2010). Esta configuração também poderá permitir, além da geração remota da fatura, que a concessionária de energia elétrica realize o desligamento e religamento remoto dos medidores, o que representará a menor necessidade de atuação das equipes de campo.

Seguindo a evolução e agregando funcionalidades ao sistema, o Gerenciamento de Dados do Medidor (MDM) possibilita a aquisição de dados adicionais tais como fator de potência (FP), duração de interrupção por

unidade consumidora (DIC), frequência de interrupção por unidade consumidora (FIC), duração máxima de interrupção por unidade consumidora (DMIC), além de supervisionar e controlar grupos de medidores inteligentes, possibilitando dessa forma a atualização de *firmware* remotamente, garantindo a segurança da análise dos dados e o trânsito seguro das informações (VIEIRA; GRANATO, 2011).

Então, o projeto de uma Rede Inteligente deve seguir uma evolução que tem início com a instalação de medidores eletrônicos nas unidades consumidoras, permitindo dessa forma a leitura automática de dados por parte da concessionária distribuidora de energia elétrica, até a implantação do sistema de gerenciamento do medidor avançado, que passará a integrar o medidor eletrônico como um equipamento ativo da rede de distribuição de energia.

Em relação ao caso brasileiro, observa-se um movimento recente para estimular o uso de medidores eletrônicos, vislumbrando as aplicações relacionadas à medição inteligente anteriormente descritas. A Nota Técnica nº 0044/2010 – SRD/ANEEL, de 17 de setembro de 2010, determina que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) coordenará o uso compulsório dos medidores inteligentes em consumidores do grupo B e que na primeira fase de implantação dos medidores eletrônicos serão contemplados consumidores dos subgrupos B1 (consumidor residencial não enquadrado como baixa renda) e B3 (consumidor comercial e industrial). A nota técnica ainda determina e descreve as funcionalidades mínimas que os medidores eletrônicos devem apresentar, funcionalidades relacionadas às grandezas medidas, funcionalidades complementares, disponibilização de informações ao consumidor e sistema de comunicação. Também foi determinado nessa nota técnica que a regulamentação das funcionalidades que deverão ser agregadas aos medidores eletrônicos e que deverão dar suporte à implantação das Redes Inteligentes serão publicadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica na forma de Resolução Normativa, com caráter de orientar tanto fabricantes quanto concessionárias quanto as características dos medidores (ANEEL, 2010).

Em relação às grandezas medidas, o sistema de medição deve ser capaz de indicar, de forma direta ou indireta, valor eficaz instantâneo da tensão, energia elétrica ativa e reativa indutiva nos diferentes períodos tarifários. Estes parâmetros devem ser disponibilizados por meio de mostrador localizado no próprio medidor ou em dispositivo próprio quando a medição for centralizada. Além destes parâmetros o consumidor deverá ter acesso a informações relacionadas à continuidade do fornecimento de energia (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora – FIC; Duração de Interrupção por Unidade Consumidora – DIC; Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora – DMIC) e a identificação da tarifa praticada nos diversos períodos tarifários (ANEEL, 2010).

Já no que se refere às funcionalidades complementares, o sistema de medição deve ser capaz de realizar apuração de interrupções (FIC), duração das interrupções de longa duração (DIC; DMIC) e momento das interrupções de longa duração com registro de data, horário de início e horário de fim destas interrupções. O sistema também deve apurar a duração de transgressão de tensão para a determinação da Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP) e da Duração Relativa de Tensão Crítica (DRC), além de permitir a instituição de pelo menos quatro (4) períodos tarifários com programação do início e fim de cada período (ANEEL, 2010).

Em relação à comunicação entre o sistema de medição (medidor eletrônico) e a central de gerenciamento da concessionária deve existir um canal de comunicação bidirecional que permita o monitoramento e controle

remoto do sistema de medição, além da capacidade de desligamento e religamento do fornecimento remotamente, sendo que o protocolo utilizado deve ser público (ANEEL, 2010).

6 CONCLUSÃO

A transição do atual modelo de rede de transmissão e distribuição de energia elétrica para o modelo de rede inteligente ocorrerá de forma gradativa, sendo que o primeiro passo será a implantação dos medidores inteligentes nas unidades consumidoras de baixa tensão (grupo B e grupo AS), permitindo que as concessionárias distribuidoras de energia elétrica efetuem a leitura dos medidores de forma remota e automática.

O processo de transição atingirá maturidade com a implantação do sistema de gerenciamento do medidor, permitindo que as concessionárias atuem sobre o medidor eletrônico através de canal de comunicação dupla via existente entre este e os centros de controle de medição. Esta funcionalidade possibilitará a aquisição de dados relacionados à qualidade da energia fornecida as unidades consumidoras além da aquisição e análise dos indicadores da rede, tais como fator de potência, duração de interrupção por unidade consumidora, frequência de interrupção por unidade consumidora e duração máxima de interrupção por unidade consumidora.

Assim, a rede inteligente permitirá que as concessionárias de energia elétrica aumentem sua eficiência operacional, melhorem o atendimento aos consumidores, promovam o uso racional da energia elétrica, promovam o deslocamento de carga, principalmente nos horários de pico, reduzam custos operacionais, agilizem o processo de geração de fatura, reduzam perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica, principalmente as perdas relacionadas a furtos de energia elétrica, maximizem a utilização do sistema elétrico de transmissão e principalmente do sistema de distribuição.

Já para os consumidores, a implantação das redes inteligentes possibilitará a visualização em tempo real dos parâmetros de rede e indicadores de qualidade da energia consumida, assim como a visualização do valor da energia consumida em tempo real. Dessa forma, o consumidor poderá planejar a utilização de equipamentos ao longo do dia, promovendo o deslocamento de carga que juntamente com a implantação de sistema tarifário variável ao longo do dia contribuirá para a redução do valor da fatura mensal.

Então, os benefícios alcançados tanto por concessionárias distribuidoras quanto por consumidores, aliados ao fato da necessidade de pequenas modificações na estrutura já existente justificam a adoção e implantação das redes inteligentes.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica nº 0044/2010 – SRD/ANEEL. Brasília, 2010. 18 p. Disponível em: <www.aneel.gov.br>.

BROWN, R. E. **Impact of Smart Grid on Distribution System Design**. IEEE Power Engineering Society General Meeting, p.1 – 4, 2008.

CHIANG, W. J.; JOU, H. L.; WU, J. C. **Maximum power point tracking method for the voltage-mode grid-connected inverter of photovoltaic generation system**. International Conference Sustainable Energy Technologies (ICSET), p. 1-6, 2008.

FALCÃO, D. M. **Smart Grid e Microredes: o futuro já é presente**. In: VIII Simpósio de automação de sistemas elétricos – SIMPASE, Rio de Janeiro, Brasil. 09 a 14 ago. 2009.

JIMENEZ, M. S. **European Smart Grids Technology Platform**, European Commission, Brussels, EUR 22040, 2006.

SAINT, B. **Rural Distribution System Planning Using Smart Grid Technologies**. Rural Electric Power Conference (REPC '09), p. B3-1 - B3-8, 2009.

SMART E-ENERGY. **País diferente, diferentes desafios no smart grid**. Grupo Editorial Bolina, n. 4, nov./dez. 2010. Disponível em: <www.smartenergyonline.com.br>. Acesso em: 15 jan. 2011.

SOARES, P. H. A. **Análise de soluções tecnológicas para comunicações Power Line Carrier (PLC)**. (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, jun. 2010.

VEERACHARY, M.; SENJYU, T.; UEZATO, K. **Voltage-based maximum power point tracking control of PV system**. IEEE Trans. on Aerospace Electronic System, v. 38, n. 1, p. 262-270, jan. 2002.

VIEIRA, J. G.; GRANATO, S. **Medição Inteligente e a Smart Grid**. Smart Grid News, 8 jul. 2011. Disponível em: <www.smartgridnews.com.br>. Acesso em: 10 ago. 2011.

XU WEI; YU-HUI, Z.; JIE-LIN, Z. **Energy-efficient distribution in Smart Grid**. International Conference of Sustainable Power Generation and Supply (SUPERGEN '09), p. 1-6, 2009.