

Capítulo III

Aspectos de evolução do smart grid nas redes de distribuição

Por Douglas A. A. Garcia e Francisco Elio Duzzi Jr.*

Tem se falado muito no tema smart grid e retomamos o tema aqui, com um enfoque histórico para o entendimento da evolução do tema, particularmente no setor de distribuição de energia elétrica e seus impactos no presente e no futuro. Smart grid é uma rede elétrica amplamente digitalizada que coleta, distribui e atua em informações sobre o comportamento de todos os seus participantes (geradoras, transmissoras, distribuidoras e consumidores) para melhorar a eficiência, a confiabilidade, a economia e a sustentabilidade dos serviços de eletricidade. A implantação da tecnologia smart grid implica a reformulação da indústria de serviços de eletricidade, embora o uso típico do termo seja centrado na infraestrutura técnica. Ou seja, é a aplicação dos conceitos de tecnologia da informação (TI) para o sistema elétrico, integrando sistemas de comunicação e infraestrutura de rede à rede elétrica. Tal rede pode ser retrofitada para atender aos quesitos mínimos de TI ou projetados já sobre os preceitos requeridos, com amplitude maior de operação e longevidade.

Histórico

As redes de energia elétrica evoluíram a partir das primeiras redes de corrente alternada da virada do século XIX ao XX. Naquela época, a rede foi concebida como um sistema centralizado de geração, transmissão e distribuição de eletricidade com controle da demanda.

No século XX, as redes elétricas cresceram ao longo do tempo e se descentralizaram, sendo eventualmente interligadas por questões de economia e razões de confiabilidade. Na década de 1960, as redes elétricas dos países desenvolvidos já haviam crescido e se tornado muito grandes, com alto nível de sofisticação. Apresentavam então centenas de usinas de geração de energia interligadas por linhas de transmissão de alta capacidade que se ramificaram para fornecer energia até os menores usuários industriais, comerciais e residenciais. Em países como o Brasil, as usinas hidrelétricas ficavam cada vez mais distantes dos centros urbanos, exigindo maior complexidade de operação das linhas de transmissão. No restante dos países industrializados, a topologia da rede da década de 1960 foi resultado de implantação de usinas de geração fóssil (carvão, gás e óleo) descentralizadas, com um padrão de 1 GW até 3 GW, pois levam em conta, além da distribuição e consumo, a logística do transporte dos combustíveis (que mais recentemente passaram a levar em conta fatores ambientais), como a proximidade de reservas de combustível fóssil (minas ou poços próprios, ou ainda perto de linhas de fornecimento de transporte ferroviário, rodoviário ou portuário). A localização das barragens hidrelétricas ficava em zonas de montanha ou formavam grandes lagos artificiais ao longo dos rios, influenciando

o desenho da estrutura da malha de geração emergente. Já as usinas nucleares levavam em conta a disponibilidade de água de resfriamento. Nesta década, então, a rede elétrica chegou à esmagadora maioria da população dos países desenvolvidos, com apenas áreas regionais distantes ficando com sistemas isolados (chamados off-grid).

A medição individualizada do consumo de energia elétrica era necessária para permitir o faturamento de acordo com o nível (altamente variável) do consumo de diferentes usuários. Devido ao sistema limitado de coleta de dados de leitura e também da capacidade de processamento, durante o período de crescimento da rede, apareceram regimes de tarifação fixa, ou com tarifação por período, em que era cobrada uma menor tarifa para alimentação noturna que a energia fornecida durante o dia. A motivação para regimes de tarifação pelo horário era a menor demanda no período noturno: o que levava ao uso noturno da energia elétrica com finalidade de uso de bancos de calor ou torres de gelo, que serviam para suavizar a demanda diária. Reduziam assim o número de turbinas que precisavam ser desligadas durante a noite, melhorando assim a utilização e a rentabilidade das usinas de geração e dos sistemas de transmissão. Onde havia sazonalidade de oferta de energia, como ocorre no regime de chuvas para hidroelétricas, houve a inclusão deste fator no regime de tarifação (conhecido como tarifação horossazonal, implantada no Brasil somente na década de

1980 – Portaria N° 33 do DNAEE, de 11 de fevereiro de 1988).

Da década de 1970 para a década de 1990, uma demanda crescente levou a um aumento do número de usinas geradoras. Em algumas áreas, o abastecimento de eletricidade, especialmente em horários de pico, não poderia ser mantido com essa demanda crescente, resultando em uma piora na qualidade da energia elétrica fornecida, o que incluía oscilações de tensão, quedas, cortes de energia e até apagões. Cada vez mais a sociedade dependia de eletricidade para a indústria, condicionamento de ambientes, comunicação, iluminação e entretenimento, e os consumidores exigiram níveis cada vez mais elevados de confiabilidade.

Na virada do século XX para o XXI estabeleceram-se padrões de demanda de eletricidade mais críticos: aquecimento e refrigeração doméstica se popularizaram, levando a picos diários de demanda que foram atendidos por uma matriz de geradores de energia (de pico devido ao seu alto custo) que só seriam utilizados por curtos períodos do dia. A relativamente baixa utilização destes geradores (normalmente turbinas a gás foram usadas devido ao seu custo de capital relativamente baixo e tempos de partida mais rápidos, ou então a óleo diesel), juntamente com a redundância necessária na rede elétrica, resultou em elevados custos para as concessionárias de eletricidade, custos estes que foram repassados aos consumidores.

No início do século XXI, surgiram oportunidades para melhor

se aproveitar as possibilidades da tecnologia eletrônica de comunicação para resolver as limitações e melhorar os custos da rede elétrica. Limitações tecnológicas em medição já não mais forçavam os preços de energia de pico, podendo-se distribuir os custos da rede para todos os consumidores igualmente pelo consumo médio. Também nestes dias as preocupações crescentes sobre danos ambientais de centrais térmicas a combustíveis fósseis e nucleares têm levado a um anseio pelo uso de maiores quantidades de energia renovável na matriz energética. As formas de produção de energia pelas fontes renováveis mais difundidas, como a energia eólica e energia solar, têm características altamente variáveis, trazendo à tona a necessidade de sistemas mais sofisticados de controle para facilitar a conexão de fontes desta natureza para a rede elétrica de uma maneira confiável e controlável.

Usinas térmicas a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas, células fotovoltaicas e turbinas eólicas, com seus custos em queda, têm por sua vez mudado o panorama de usinas de energia grandes e centralizadas, apontando para uma mudança importante da topologia existente: usinas altamente distribuídas, gerando e consumindo dentro dos limites da própria rede elétrica de distribuição.

Origem e evolução do termo smart grid

A rede inteligente, do termo smart grid, tem sido usada mais frequentemente desde 2005, quando surgiu no artigo "Toward a Smart Grid" (Amin and Wollenberg, IEEE Power and Energy Magazine, v. 3, n. 5, p. 34-38, set./out. 2005). O termo apareceu anteriormente e pode ter sido usado primeiro 1998, sendo que há um grande número de definições para smart grid. Um elemento comum à maioria das definições é a aplicação de equipamentos eletrônicos que processam digitalmente o sinal coletado, e a respectiva comunicação, tornando o gerenciamento de informações e fluxo de dados um aspecto central para as redes smart grid. Vários recursos se baseiam no uso integrado da tecnologia digital junto às redes elétricas, cuja integração de novos fluxos de informação em sistemas e processos (tanto de monitoramento quanto de proteção) é uma das questões fundamentais no projeto de redes inteligentes.

Concessionárias de energia elétrica focam atualmente em três classes de operação na rede: melhoria da infraestrutura; adição de camada digital, que é a essência da rede inteligente; e transformação do processo do negócio, necessário para se capitalizarem sobre os investimentos em tecnologia inteligente. Grande parte do trabalho de modernização que vem acontecendo na rede elétrica, especialmente em automação de subestações e distribuição, agora está incluído no conceito geral de smart grid, mas recursos adicionais são requeridos e estão evoluindo também.

Primeiras inovações tecnológicas

Tecnologias de smart grid surgiram de tentativas anteriores de uso do controle eletrônico, medição e monitoramento, com equipamentos que evoluíram de elementos eletromecânicos

para equipamentos de tecnologia eletrônica analógica em estado sólido e circuitos digitais discretos. Na década de 1980, a leitura automática de medidores foi usada para monitoramento de cargas de grandes clientes e evoluiu para uma infraestrutura avançada de monitoração (metering) da década de 1990, sendo que tais medidores podiam armazenar dados sobre como a eletricidade foi usada em diferentes momentos do dia. Medidores inteligentes passaram então a adicionar comunicação em tempo real, tornando-se dispositivos de comando-resposta e comandos remotos com os usuários. Formas primitivas de tais tecnologias de gerenciamento do lado da demanda (GLD) foram medidores que mediam o comportamento da demanda dos usuários e parâmetros básicos de qualidade de energia como índices de DEC e FEC (DEC – duração equivalente de interrupção do fornecimento de energia por consumidor em horas e centésimos de horas; FEC – frequência equivalente de interrupção por consumidor em número de interrupções). Os consumidores, por sua vez, ajustavam os ciclos de trabalho dos seus equipamentos de maior consumo (os que eram viáveis por sua natureza de operação), como aparelhos de ar condicionado, refrigeradores e aquecedores para evitar a leitura do consumo durante o período de leitura dos medidores eletrônicos, de modo a minimizar os picos de leitura.

A Itália, a partir do ano 2000, foi a primeira a instalar grandes quantidades de medidores (27 milhões) em residências usando módulos de leitura com algoritmos aperfeiçoados (“inteligentes”) com comunicação remota via PLC (do inglês, power line communications) de banda estreita. Recentes projetos de comunicação utilizam PLC de banda larga, bem como rede mesh (rádios em malha) que permite comunicações sem fio e suporta outras medições, como gás e água.

Em sistemas maiores, como geração e transmissão, foram desenvolvidos na década de 1990 sistemas de monitoramento e sincronização de grandes redes elétricas quando a BPA (Bonneville Power Administration, empresa de geração e transmissão do noroeste americano) expandiu suas pesquisas em smart grid, passando a utilizar protótipos de sensores que permitiram, a partir daí, uma análise muito rápida de anomalias na qualidade da energia elétrica e em áreas geográficas muito maiores. O ponto culminante deste trabalho foi o primeiro sistema de monitoramento de grandes áreas (WAMS – Wide Area Measurement System) em 2000, que atualmente atrai muitos países e rapidamente estão integrando a tecnologia WAMS.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) aprovou – no dia 17 de abril de 2012 – regras específicas com o intuito de promover a instalação de geração distribuída de pequeno porte, incluindo dois segmentos de potência: a microgeração (até 100 KW de potência), e a minigeração (de 100 KW a 1 MW). A regulamentação cria o Sistema de Compensação de Energia, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. A regra é válida para geradores que utilizem fontes incentivadas de

energia (hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada).

A unidade geradora instalada em uma residência, comércio ou indústria, por exemplo, poderá produzir energia e o que não for consumido será injetado no sistema da concessionária, que utilizará o crédito para abater o consumo dos meses subsequentes. Os créditos poderão ser utilizados em um prazo de 36 meses. Vantagens adicionais oferecidas são descontos da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (Tusd) e na Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão (Tust) para usinas maiores (de até 30 MW) que utilizarem fonte solar. São níveis de compensação econômicos um pouco tímidos perto dos níveis de compensação utilizados pelos países desenvolvidos: chega-se a ofertar quatro vezes ao microgerador pelo kWh devolvido à rede a tarifa do kWh consumido (embora em períodos de crise econômica como no qual estamos vivendo na Europa poderia haver excesso de energia e desequilíbrio de caixa para compensação desta energia dos microgeradores).

Recursos de rede inteligente

Smart grid representa o conjunto das respostas para os desafios do fornecimento de eletricidade, atuais e propostas. Devido a diversos fatores, históricos e/ou tecnológicos, há numerosas classificações concorrentes e nenhum acordo sobre uma definição universal. No entanto, uma categorização possível é dada aqui.

Eficiência

A melhoria da eficiência do uso da infraestrutura de distribuição da rede elétrica deve ser prevista, incluindo, por exemplo, situações de gestão de picos de consumo (desligar cargas durante picos de curto prazo). O efeito geral é menor sobrecarga e uma diminuição da oscilação de curvas de carga, tanto local quanto regionalmente.

Confiabilidade

A rede inteligente vai cada vez mais fazer uso de tecnologias que melhorem a detecção de falhas e permitam a restauração da rede elétrica sem a intervenção de técnicos. Isso garantirá maior confiabilidade no abastecimento de eletricidade e redução da vulnerabilidade a falhas. Entretanto, há de se considerar que sistemas que oferecem a possibilidade de restauração são sistemas em malha, cujo roteamento de restauração pode gerar sobrecarga de outros ramais, devendo os algoritmos fazer a previsão das novas cargas antes do restabelecimento.

Flexibilidade na topologia de rede

A próxima geração de infraestrutura de redes elétricas (transmissão e distribuição) deverão ser capazes de lidar com fluxos de energia bidirecionais, permitindo a geração distribuída. Sistemas tradicionais foram projetados para o fluxo unidirecional da energia e tal variação deverá ser considerada nos algoritmos de análise, nas topologias das redes e nos sistemas de comando e proteção.

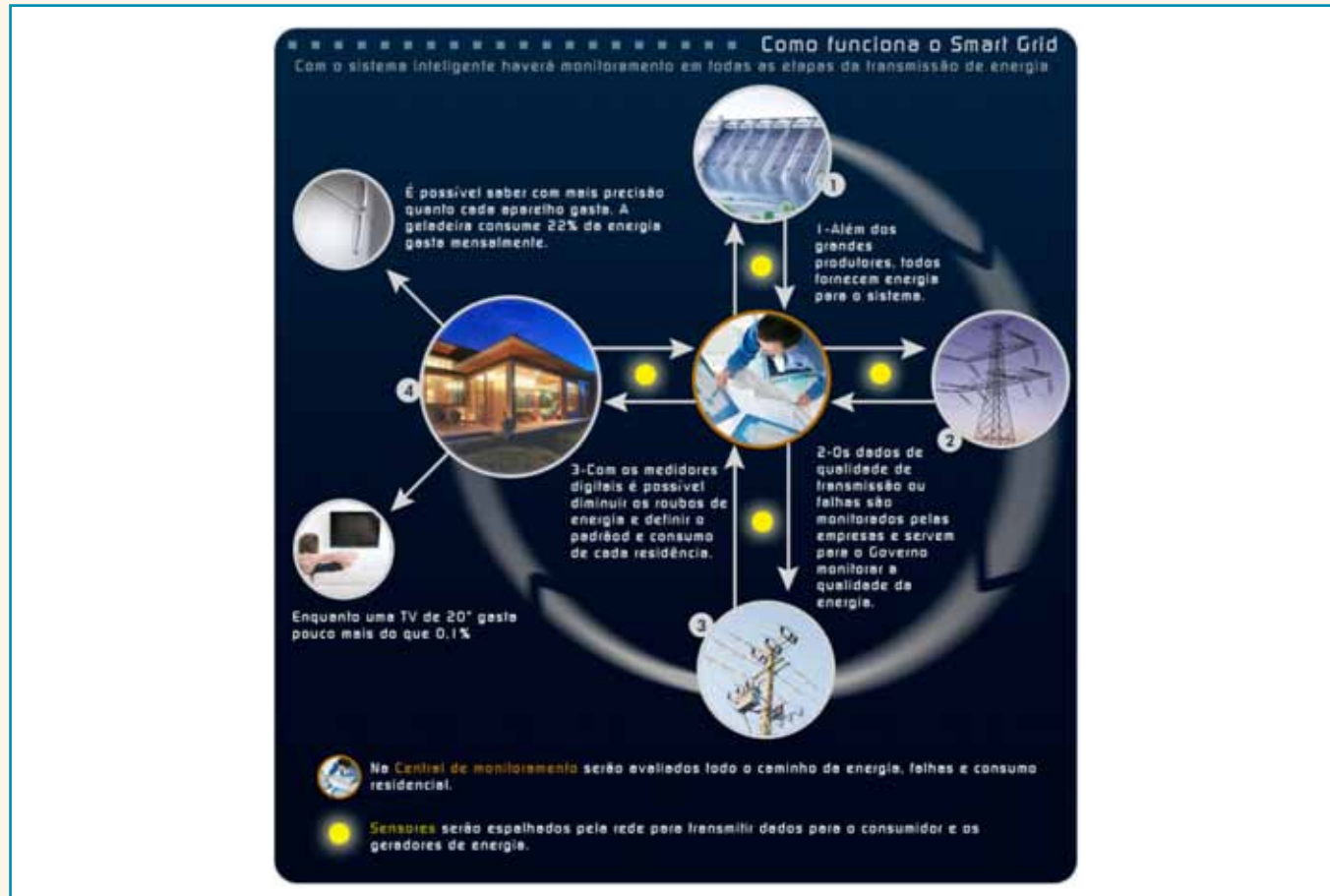


Figura 1 – Funcionamento do sistema smart grid. Fonte: Camila Camargo em <http://www.tecmundo.com.br>

Ajuste de carga

A carga total conectada à rede elétrica pode variar significativamente ao longo do tempo. Embora a carga total seja a soma de muitas escolhas individuais dos clientes, a carga total não é estática, variando lentamente a média de consumo de energia. Tradicionalmente, para se responder a um rápido aumento no consumo de energia, mais rápido do que o tempo de resposta de um grande gerador, alguns geradores de reposição são colocados em modo stand by. Uma rede inteligente pode avisar toda a rede de distribuição com solicitação de redução de carga, podendo ou não as cargas diminuírem, dependendo da característica da carga ou sua situação naquele momento (refrigeradores têm uma inércia térmica considerável, podendo, por exemplo, os refrigeradores do tipo smart serem desligados do sistema elétrico quando solicitados). Ou seja, em uma rede com “GLD inteligente”, a redução de carga pode ser suprida até mesmo por uma parcela pequena dos clientes se o problema for local ou uma grande parcela se o problema de demanda afetar uma maior área.

Corte/nivelamento de pico e tempo de utilizar preços

Para reduzir a demanda durante o pico nos períodos de maior custo da energia, sistemas de medição poderiam analisar as características de operação de dispositivos inteligentes, nas residências ou nas empresas, quando a demanda de energia é

elevada e também sua característica de consumo. Dependendo do tipo de tarifação, podemos ter programas que gerem relatórios gerenciais de quais rotinas e hábitos podem ser alterados e o que representariam na economia na conta de energia elétrica. Análises que indicam possibilidades econômicas diretas levam mais facilmente a mudanças de hábitos. Isso poderia significar, por exemplo, alterações básicas, como preparação do jantar às 21h em vez de 18h, em pleno horário de pico.

Sustentabilidade

A maior flexibilidade advinda de uma rede inteligente permite um maior uso de fontes de energia renováveis. Entretanto, a infraestrutura da rede atual não é construída para permitir muitos pontos distribuídos de geração conectados aos alimentadores, pois flutuações rápidas na geração distribuída podem significar perda de qualidade de energia. A recomposição rápida dos sistemas elétricos devido à perda de capacidade da produção de energia é um item que deve ser considerado e avaliado, evitando afundamentos e sobretensões na rede. Geradores compensadores de rápida resposta podem ser utilizados. A tecnologia smart grid passa a ser então uma condição necessária para o uso de geração distribuída.

Habilitação de mercado

A rede inteligente permite um fluxo de dados e comunicação

A CASA INTELIGENTE

Os benefícios

- Baixo custo de energia
- Energia limpa
- Conservação da energia
- Melhoramento da eficiência energética

Medidor inteligente

- Preço da tarifa em tempo real.
- Acompanhamento do consumo

Aparelhos inteligentes

- Aparelhos programados para não funcionar em horários de pico

Sensores

- Sensores em toda a rede medem a qualidade da transmissão



Produção

- Consumidor pode produzir a própria energia

Figura 2 – Ilustração de uma casa inteligente. Fonte: Camila Camargo em <http://www.tecmundo.com.br>

entre fornecedores (seu preço de energia) e consumidores, permitindo estratégias mais flexíveis e sofisticadas do que os atuais contratos de longa duração. Poderão, por exemplo, apenas as cargas críticas pagarem os preços de energia de pico e os consumidores poderão ter uma estratégia de aquisição de energia média a um preço mais acessível. Geradores de energia estrategicamente colocados na rede poderão vender energia a custos mais altos. Com isso, as variáveis “localização” e “tempo” passarão a ser interessantes para os grupos que detêm vários geradores, criando um novo conceito de negócio. Do lado do consumidor, serão mais valorizados equipamentos que possam armazenar energia para usá-la em horários de custo mais elevado e assim por diante.

Plataforma de serviços avançados

Com o uso de plataformas de comunicações bidirecionais robustas, avançados sensores e tecnologia computacional distribuída poderão melhorar a eficiência, a confiabilidade e a segurança de entrega de energia. Há, inclusive, o potencial de criar novos serviços, como monitoramento de incêndio e alarmes, corte de energia quando necessário e chamadas automáticas para serviços de emergência.

Tecnologia

Em 2010, o NIST (National Institute of Standards and Technology, agência do governo Norte Americano) publicou o “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0”, elencando padrões smart grid de consenso entre organismos

internacionais de padronização. Segundo o documento do NIST, há a expectativa de que tecnologias baseadas em redes IP (Internet Protocol) possam servir como elementos chaves nos sistemas de informação de uma smart grid, e muitas das empresas desenvolvedoras de hardware estão apostando neste protocolo.

Segundo J. G. Vieira e S. Granato (“Padrões e Interoperabilidade em uma Smart Grid”), o estágio atual da tecnologia IP pode não suportar plenamente todos os requisitos de smart grid, como: restrições de tempos de resposta e a quantidade de novos endereços (recomenda-se aos desenvolvedores a utilização do IPv6).

Há uma série de fatores positivos que a elegem como plataforma de sustentação à evolução do smart grid em redes elétricas: a tecnologia IP permite o desenvolvimento de aplicativos de forma independente de topologias e tecnologias de comunicação; apresenta alto nível de desenvolvimento, popularização e disponibilidade de ferramentas; e possui grande potencial de penetração em ambientes privados e públicos. Segundo o Diretor do NIST e coordenador nacional para a Interoperabilidade na Smart Grid nos EUA, Arnold George (revista Networkworld, outubro de 2009): “IP e padrões da internet serão os protocolos da smart grid”.

A maior parte das tecnologias smart grid já é utilizada em tese em outras aplicações, como indústrias e sistemas de telecomunicações, e está sendo adaptada para utilização em operações da rede elétrica. Em geral, a tecnologia smart grid contempla sistemas de comunicações integradas; áreas a serem melhoradas incluem automação de subestações, resposta à demanda e consumo de

energia elétrica, automação da distribuição, supervisão controle e aquisição de dados (SCADA), sistemas de gerenciamento de energia, redes mesh sem fios e outras tecnologias, comunicações por cabos elétricos e fibra ótica. Comunicações integradas permitem controle em tempo real, informação e intercâmbio de dados para otimizar a confiabilidade do sistema, utilização de ativos e segurança. Entretanto, todas estas tecnologias deverão conviver “pacificamente”, cada uma atuando na área em que tem melhor desempenho, mas todas atendendo a um mesmo padrão de troca de dados.

Sistemas de controle avançado e interfaces melhoradas para suporte à tomada de decisão

A automação do sistema de distribuição permite o diagnóstico rápido e soluções precisas para as interrupções de suprimento de energia. Essas tecnologias dependem e contribuem para cada uma das outras áreas fundamentais do smart grid, podendo-se destacar: equipamentos inteligentes distribuídos (sistemas de controle); ferramentas analíticas (computadores de alta velocidade e algoritmos de software); e aplicações operacionais (SCADA, automação de subestações, resposta de demanda, etc.).

São necessárias informações que reduzam sua complexidade para que os operadores e gestores tenham ferramentas mais eficazes e eficientes para operar uma rede elétrica com um número crescente de variáveis. As tecnologias devem incluir formatos

visuais de fácil avaliação, sistemas de software que fornecem várias opções quando são necessárias medidas de operador e simuladores para treinamento operacional e análise de situações.

Geração de energia inteligente

Geração de energia inteligente é um conceito que inter-relaciona a produção de eletricidade com a demanda, usando vários geradores idênticos que podem iniciar, parar e operar eficientemente a carga escolhida, independentemente dos outros, tornando-os adequados para a carga de base e o pico de geração de energia. O equilíbrio entre oferta e demanda, também chamado de balanceamento de carga, é essencial para um fornecimento estável e confiável de eletricidade. Rápidos desvios no balanceamento levam a variações de frequência e uma incompatibilidade prolongada resulta em blecautes.

Os operadores de sistemas de transmissão de energia têm exatamente esta missão: a do equilíbrio, combinando a potência de saída dos geradores com a carga da rede elétrica. Sua tarefa num cenário de geração distribuída tornou-se muito mais complicada, com geradores cada vez mais intermitentes e variáveis (como turbinas eólicas e células fotovoltaicas) adicionados à rede de distribuição, forçando os gestores de usinas tradicionais a se adaptar a uma produção menos estável do que pode ter sido no passado. Poderão, inclusive, ser incrementadas em número as usinas de compensação de flutuação da rede.

Os Segmentos Elétricos

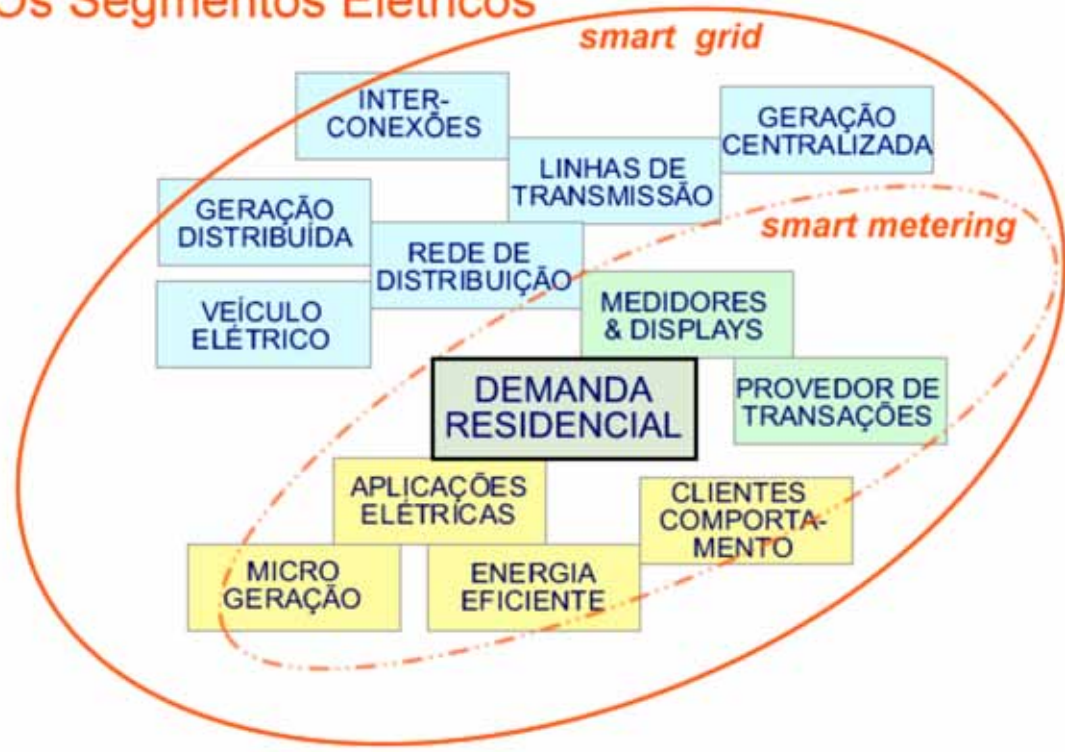


Figura 3 – Os segmentos elétricos. Fonte: P. Nabuurs, Kema

Perspectivas do mercado

Em 2009, a indústria de smart grid dos Estados Unidos foi avaliada em aproximadamente US\$ 21 bilhões. Até 2014, ela irá exceder, pelo menos, US\$ 43 bilhões. Dado o sucesso das redes inteligentes nos Estados Unidos, o mercado mundial deverá crescer a um ritmo mais rápido, passando de 69 bilhões de dólares em 2009 para US\$ 170 bilhões até 2014. No Brasil há um reflexo direto destes números projetados, com crescimentos na mesma proporção devido ao mercado ser altamente globalizado.

Na economia, como atualmente os clientes podem escolher seus fornecedores de energia elétrica, dependendo de suas classes de consumo e contratos disponíveis, maior atenção será dada quanto aos custos de transmissão.

Com os segmentos tecnológicos mais claramente definidos, o crescimento maior será em equipamentos de monitoração de ativos e na atividade de TI usada para transmitir e organizar a enorme quantidade de dados coletados por medidores eletrônicos que estão sendo instalados.

Nas concessionárias, a necessidade de redução dos custos de manutenção e substituições estimulará um controle mais avançado dos ativos existentes e das especificações técnicas dos ativos a serem adquiridos e instalados.

Finalmente, alguns benefícios de uma rede elétrica moderna incluem: capacidade de reduzir o consumo de energia no lado do consumidor durante horários de pico – GLD; habilitação da conexão na rede elétrica da geração distribuída (com matrizes fotovoltaicas, turbinas

eólicas de pequeno porte, micro hidrogeradores ou geradores de energia de calor); armazenamento de energia da rede incorporando à geração distribuída o balanceamento da carga; e isolamento das situações de falhas. Com o aumento da eficiência e da confiabilidade da rede elétrica inteligente, são esperadas economia de gastos dos consumidores e redução de emissões de CO₂.

Embora haja tecnologias específicas e comprovadas de smart grid em uso, este termo é genérico para um conjunto de tecnologias relacionadas, em vez de um nome para uma tecnologia específica. Não é o caso aqui de se tentar explicar todas as suas possibilidades, mas de informar, orientar e qualificar um pouco mais os leitores para o futuro inequívoco das redes elétricas: as redes elétricas smart grid.

**DOUGLAS GARCIA é engenheiro eletricista. Recebeu o grau de MsC. da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) e de doutor pela mesma instituição. Atua em programas de pesquisa e projetos no setor elétrico. É pesquisador do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP (IEE/USP).*

FRANCISCO ELIO DUZZI JUNIOR é bacharel em administração de empresas, pós-graduado em gestão de novos negócios, em engenharia financeira e em GVPEC para novos negócios. Atua em pesquisa na área de gestão de energia com estudos de viabilidade financeira/econômica por meio de análises combinatórias. É diretor da New Energy Soluções Integradas de Energia.

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em
www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados
para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br