2
Redes Inteligentes

Desde que a energia elétrica passou a ser usada em larga escala, no início do século passado, o mundo apresenta uma demanda crescente por esse produto. Para que se tenha uma ideia desse crescimento, a participação da energia elétrica no consumo mundial de energia entre 1973 e 2006, praticamente dobrou, aumentando de 11,4% para 20,6% (IEA, 2015). Já de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2014, o consumo mundial de energia elétrica aumentou 22,2% entre 2004 e 2010 e no mesmo período, no Brasil, aumentou 29,2% (EPE, 2014).

Para suportar esse crescimento os sistemas elétricos vêm se expandindo continuamente a mais de 120 anos. Pode-se resumir essa expansão em algumas iniciativas básicas que vêm sendo tomadas pelas empresas que compõem o setor elétrico:

- aumento da capacidade de geração;
- aumento da malha de transmissão e distribuição;
- redução de perdas e aumento da eficiência energética.

Essa expansão dos sistemas elétricos e suas consequências condicionaram a evolução do setor elétrico mundo afora durante mais de um século e o transformaram no que ele é hoje. Seguem algumas das características que esses sistemas apresentam atualmente:

- operacionalmente muito complexos;
- disponibilidade exigida é quase total;
- possuem um impacto ambiental grande;
- comercializam um produto, em geral, caro;
- algumas áreas operam com eficiência energética baixa;

Essas características geram um ambiente muito sensível a qualquer variação sobre suas condições normais de funcionamento e as sociedades e os governos já se deram conta da necessidade de reverter esse quadro. Nesse

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

contexto as redes inteligentes surgem para exercer um papel fundamental para a transformação desse cenário difícil em um cenário sustentável e controlado.

2.1.
O papel das redes inteligentes no cenário atual

As áreas de pesquisa e desenvolvimento ligadas ao setor elétrico vêm trabalhando em soluções para esse cenário e várias alternativas surgiram e vêm sendo desenvolvidas e provadas. Bons exemplos são:

- As energias renováveis provenientes das mais diversas fontes;
- O aumento da eficiência energética dos equipamentos;
- Os carros elétricos;
- Os edifícios e residências inteligentes.

A rede inteligente também pode ser considerada uma dessas alternativas, com a diferença que, além de ser uma solução para o problema em si, ela é também um pré-requisito fundamental para que as outras alternativas tenham todo o seu potencial explorado.

A rede inteligente parece ser a principal resposta do setor elétrico a demanda global mencionada anteriormente. E essa resposta não é uma única solução genial, mas um conjunto de soluções que vêm sendo aprimoradas na medida em que a experiência no seu uso e a tecnologia avançam.

A figura 2 a seguir procura resumir o contexto no qual o setor elétrico está inserido atualmente. No primeiro quadro as exigências que a sociedade atual impõe para as empresas do setor elétrico sob o ponto de vista do consumidor de energia. No segundo quadro são apresentados os efeitos dessas exigências sobre o setor elétrico já sob o ponto de vista especializado, listando uma série de funcionalidades que o setor deve possuir se pretende atender as demandas do primeiro quadro. No último quadro são mostrados alguns avanços tecnológicos, entre eles as redes inteligentes, e em quais das funcionalidades listadas no quadro anterior eles podem ajudar. Nota-se que as redes inteligentes abrangem grande parte das necessidades e daí sua relevância para o setor elétrico.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

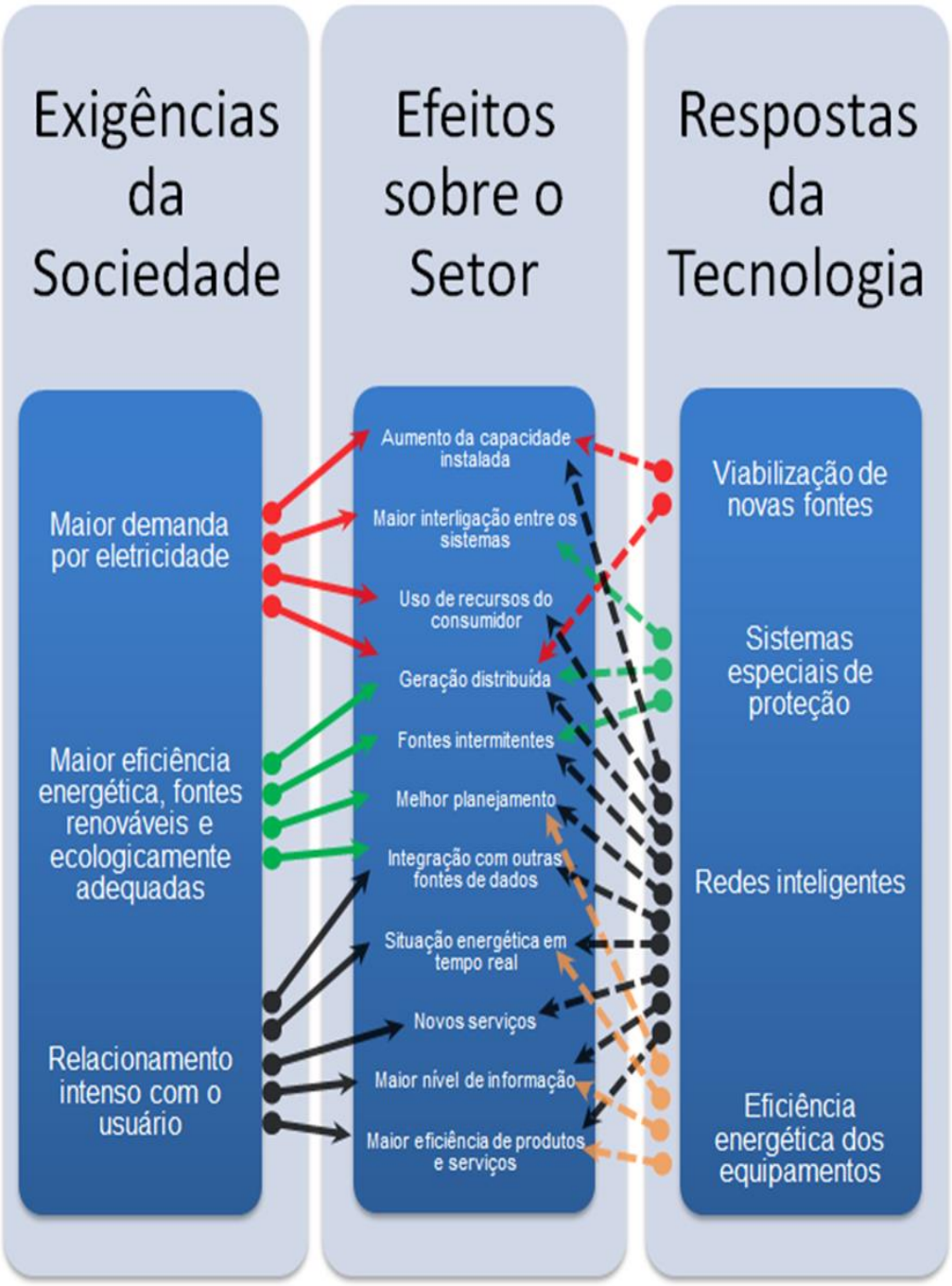

Figura 1 - Redes inteligentes no cenário atual.

Fonte: o próprio autor.

2.2.
Definição de redes inteligentes

Provavelmente pelo fato de ser algo tão abrangente e que permeia tantas áreas do setor elétrico, existem diversas definições para as redes inteligentes, ou *smart grids* como são conhecidas em inglês. A seguir são apresentadas algumas

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

versões do que se entende por redes inteligentes, provenientes de diferentes tipos de empresas e de diferentes partes do mundo.

Os fabricantes de materiais elétricos europeus definem as redes inteligentes como sendo “redes descentralizadas de alta eficiência onde o fluxo de potência e informação é bidirecional e cujos componentes são dispositivos inteligentes até nas mais baixas camadas da rede” (Capiel, 2012).

A *Duke Energy*, uma das maiores empresas americanas do setor elétrico, presente nas áreas de geração e distribuição em vários países, inclusive no Brasil, diz que sua “visão de longo prazo é transformar a operação de sua rede de energia elétrica através da criação de uma infra-estrutura de rede confiável e escalável capaz de fornecer e receber informações a partir de dispositivos inteligentes distribuídos em seus sistemas de energia, automatizando componentes dos sistemas de distribuição e aproveitando as redes interconectadas para a melhoria da eficiência operacional e satisfação do cliente” (Duke Energy, 2012).

A *Endesa*, uma empresa multinacional de origem espanhola com expressiva presença na Europa e na América Latina define as redes inteligentes como: “uma rede de energia que integra as operações de produtores e dos consumidores para distribuir energia de forma eficiente, sustentável, rentável e segura. A rede inteligente fornece produtos e serviços inovadores e implanta o estado da arte no monitoramento, controle e tecnologias de comunicação para beneficiar os clientes e o meio ambiente” (Endesa, 2012).

Institutos de pesquisa explicam a rede inteligente como sendo a convergência de 3 indústrias: Energia Elétrica, Telecomunicações e Tecnologia da Informação, “em uma verdadeira rede inteligente, não são apenas os dados que irão se mover em duas direções, mas a própria potência, uma rede mais inteligente facilita muito a introdução de fontes de energia distribuída (como painéis solares fotovoltaicos, micro turbinas eólicas e células combustíveis estacionárias) em escala de massa” (Gtm Research, 2010).

A Siemens, maior fabricante mundial de produtos e equipamentos para a indústria elétrica tem a seguinte definição: “as redes inteligentes são a base para o desenvolvimento das futuras redes de transmissão e distribuição como sistemas altamente flexíveis, confiáveis e sustentáveis” (Siemens, 2015).

Bem analisadas, todas essas definições convergem apesar de cada uma enfatizar mais determinado aspecto. Na visão desse trabalho, a definição que melhor se encaixa é a seguinte: “A rede inteligente é um conjunto de soluções que aperfeiçoa o uso e a comercialização da energia elétrica ao longo de toda

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

sua cadeia produtiva, propiciando eficiência energética, agilidade e novos serviços".

2.3.
Redes inteligentes na indústria

Algumas instalações elétricas de grande porte, presentes tanto do setor secundário (indústrias de transformação) como do setor terciário (prestação de serviços), são muito sensíveis a interrupções no fornecimento de energia elétrica. Essa dependência da energia elétrica pode estar vinculada:

- ao processo que é executado como, por exemplo: indústrias que produzem plástico, que produzem alumínio ou as siderúrgicas.
- às atividades que desempenham, onde se enquadram os aeroportos, os metrôs, os hospitais e instalações militares.

Outro aspecto importante a ser considerado é a natureza das fontes de energia. Algumas indústrias possuem critérios de sustentabilidade que se aplicam ao suprimento de energia e que não podem ser atendidos pelas redes elétricas convencionais obrigando-as a possuir geração própria para atendimento desses critérios. Existem casos de empresas que se obrigam a ter um percentual de seu suprimento de energia atendido por fontes renováveis e quando os fornecedores disponíveis não são capazes de atender essa demanda, a saída é investir em um parque próprio de geração que lhes confira essas características.

Por último, o preço da energia fornecida pelas redes elétricas convencionais é instável e tem atingido patamares muito elevados. Do outro lado, o avanço tecnológico na fabricação de equipamentos de geração e distribuição de energia para indústrias está reduzindo o custo desses equipamentos. Como resultado cada vez mais se tem a viabilização econômica de projetos de investimento em sistemas próprios de energia que supõem equipamentos modernos e energeticamente mais eficientes.

Esses quatro aspectos estão entre os mais relevantes motivadores do surgimento das redes elétricas próprias e autônomas que também são conhecidas por *Microgrid*.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

2.3.1.
MicroGrid

Uma *Microgrid* pode ser definida como uma rede de baixa tensão (uma pequena área urbana, um centro comercial, um parque industrial ou um condomínio) mais suas cargas e vários sistemas modulares de geração pequenos conectados a ela, fornecendo energia e calor para cargas locais (Peças Lopes *et al*, 2006).

Conhecidas como *Microgrids*, blocos autossuficientes do sistema de energia com alguma geração, centros de carga controláveis e não controláveis, armazenamento de energia local e que pode facilmente integrar com a infraestrutura do sistema de energia existente, sem alteração significativa de todo o sistema (Colson *et al*, 2013).

Microgrid, uma entidade elétrica que facilita enormemente a penetração de unidades e recursos energéticos distribuídos e se baseia em tecnologias de informação e comunicação, sensores avançados e estratégias de controle e proteção, podem ser considerados e explorados como o principal bloco de construção de uma *smart grid* (Mehrizi-Sani *et al*, 2010).

Como pode ser visto pelas citações acima a ideia das redes isoladas para atendimento de unidades consumidoras não é uma novidade, mas quando se analisa dentro de um contexto que considera que os sistemas interligados de energia são operados através de redes inteligentes, as *microgrids* adquirem uma importância muito maior, pois as redes inteligentes são capazes de utilizar os recursos instalados nas *microgrids* para beneficiar o funcionamento da rede interligada convencional.

Em circunstâncias normais, a *microgrid* participa na operação do sistema de alimentação da concessionária de energia, contribuindo nos momento de excesso de potência, na prestação de serviços auxiliares, ou compra de electricidade a partir do sistema de energia (Colson *et al*, 2013).

Entre os benefícios mencionados acima pode-se citar:

- aumento da disponibilidade de energia utilizando a capacidade de geração instalada da *Microgrid* para amenizar picos de demanda da rede interligada;
- melhor controle de tensão e fator de potência utilizando os bancos de reatores e capacitores da *Microgrid* para necessidades da rede interligada;

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

- redução das perdas na transmissão e distribuição de energia, uma vez que as cargas da *Microgrid* deixam de utilizar os sistemas da rede interligada;
- permite que a rede interligada se recupere mais rapidamente de situações de blecaute uma vez que a *Microgrid* passa a ser usada como uma referência local para o processo de recuperação da rede elétrica.

A *Microgrid* é uma das maiores contribuições dos consumidores industriais ou de médio e grande porte para as redes inteligentes de energia, constituindo-se em um importante mecanismo de eficiência energética e maximização da oferta de energia elétrica.

As *Microgrids* são sistemas elétricos privados que buscam dotar de autossuficiência uma determinada planta consumidora de energia elétrica conferindo proteção contra os muitos problemas aos quais está sujeita a rede elétrica de distribuição de uma cidade e os sistemas de transmissão e geração associados a ela, tais como:

- Distúrbios no sistema de geração e transmissão:
  - atuação de esquemas de alívio de carga (*load shedding*);
  - atuação de sistemas especiais de proteção (SEP);
  - blecautes de grandes proporções;
  - déficit de geração.
- Problemas na rede de distribuição:
  - acidentes não elétricos envolvendo a rede de distribuição;
  - demora na recomposição da rede após um desligamento;
  - intervenções na rede para ampliação e manutenção;
- Desastres naturais:
  - terremotos;
  - tsunamis;
  - enchentes;
  - secas,
  - incêndios;
  - vendavais.
- Colapsos sociais:
  - greves;
  - rebeliões;
  - guerras;
  - protestos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

Ao passar a dispor de um sistema de geração de energia próprio e que se encontra ao lado da unidade consumidora praticamente todos os riscos mencionados anteriormente desaparecem ou se reduzem muito, conferindo um grau de confiabilidade no fornecimento de energia muito elevado.

A *Microgrid* deve poder operar conectada ou não aos sistemas elétricos locais e deve ter a capacidade de desconexão desses sistemas através de dispositivos ultrarrápidos (em tempos abaixo de 100ms) garantindo assim uma alta disponibilidade ao ter acesso a rede elétrica convencional, mas mantendo-se imune de problemas elétricos que ocorram nessa rede.

Entretanto, ao assumir a responsabilidade pelo seu fornecimento de energia elétrica, o proprietário da *Microgrid* deve se cercar de cuidados que não são comuns nas unidades consumidoras e suas instalações elétricas se revestem de uma importância muito maior. As *Microgrids* precisam ter sistemas modernos de monitoramento, controle e proteção de seu sistema elétrico com muitas funcionalidades e totalmente integrado de modo que permitam gerenciar de forma eficiente e segura o fornecimento de energia para suas cargas. Isso se viabiliza do ponto de vista econômico, uma vez que são redes elétricas pequenas e que não necessitam atender condições sistêmicas já que operam na ponta do sistema elétrico e, em geral, de forma isolada.

Os equipamentos de proteção, controle, medição e supervisão conferem as *Microgrids* um grande volume de informação sobre o funcionamento de seu sistema elétrico, mas para que possam se beneficiar disso, estas redes precisam estar dotadas de sistemas avançados, com funcionalidades de SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition)* e DMS (*Distribution Management System*) capazes de utilizar esses dados em favor da confiabilidade e da disponibilidade do fornecimento de energia da *Microgrid*. Com esses sistemas operando corretamente a planta poderá usufruir, entre outros, dos seguintes benefícios:

- Identificação e redução de perdas na rede de baixa tensão;
- Monitoramento e controle das fontes de energia renováveis existentes;
- Controle do comportamento energético da planta traçando sua curva de demanda em tempo real e tornando mais eficiente o uso de energia;
- Gerenciamento da manutenção dos elementos da *microgrid* ampliando sua disponibilidade, reduzindo as interrupções

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

inesperadas e guardando o histórico dos equipamentos visando o monitoramento de sua vida útil;

- Controle da iluminação ao longo da planta reduzindo desperdícios;
- Regulação de tensão fazendo uso de comutadores de derivação em carga (CDC) ou através da injeção de reativos na rede (Volt-Var);
- Monitoramento de indicadores de qualidade da energia como: presença de harmônicas, fator de potência e variação de tensão;
- Repositório para as informações do sistema, tais como: desenhos de fabricação, dados de placa, relatórios de manutenções realizadas, ocorrências envolvendo o equipamento entre outras;
- Planejamento da expansão do sistema elétrico da *Microgrid* incluindo a alocação inteligente dos quadros de distribuição e sua composição de circuitos;
- Identificação de desequilíbrios das cargas entre as fases, reduzindo perdas e evitando problemas de ressonância dos bancos de capacitores usados para controle de reativos.

Apesar de serem mais comuns nas indústrias de porte médio e grande, as *Microgrid* estão começando a ser implantadas em consumidores de pequeno porte, tais como: campos universitários, edifícios comerciais, centros comerciais e de lazer entre outros. Os termos *Minigrid* e *Nanogrid* já são empregados para designar unidades consumidoras de pequeno porte que possuem sistemas que garantem autonomia da rede interligada convencional quando funcionam isoladamente.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

2.3.2. Distribuição elétrica inteligente na baixa tensão

Os sistemas de distribuição em baixa tensão muitas vezes são relegados a um papel secundário nos projetos elétricos. Isso ocorre, entre outros aspectos, por sua grande flexibilidade de instalação, pela grande variedade de equipamentos disponíveis e pelos poucos requisitos de segurança que demandam. Entretanto, esses sistemas são relevantes do ponto de vista econômico para seu proprietário.

Os sistemas de distribuição elétrica de baixa tensão basicamente são compostos de:

- quadros de distribuição;
- dispositivos de proteção;
- cabos elétricos;
- infraestrutura de sustentação e condicionamento;
- acessórios de conexão.

Desses itens o mais relevante economicamente e que merece uma atenção especial são os cabos elétricos. Além de mais baratos, os outros itens têm seus preços pouco dependentes da bitola do cabo elétrico que está sendo utilizado, o que significa dizer que: variações nas especificações do cabo elétrico utilizado não provocam impacto econômico significativo nesses itens. Com certa aproximação pode-se dizer que o custo de material de uma rede de distribuição elétrica em baixa tensão está diretamente ligado ao custo dos cabos elétricos adotados pelo projeto.

A distribuição elétrica inteligente visa o menor custo para atender uma determinada unidade consumidora o que se traduz, como foi visto acima, em analisar criteriosamente a aplicação dos cabos elétricos para atendimento das cargas. Essa análise deve abordar os seguintes aspectos principais:

- definição dos circuitos elétricos a serem atendidos utilizando critérios elétricos, operacionais, normativos e econômicos;
- concentração dos circuitos em quadros de distribuição utilizando critérios operacionais e econômicos;
- alocação dos quadros de distribuição (e seus circuitos) ao longo da unidade consumidora levando em consideração a posição das cargas a serem atendidas utilizando critérios econômicos e atendendo às restrições de posicionamento definidas.

Essa abordagem, que deve ocorrer na sequência colocada acima, produzirá um sistema de distribuição elétrica em baixa tensão com o menor custo possível, evitará desperdícios, reduzirá perdas por efeito Joule e sobre dimensionamento dos cabos elétricos contribuindo para a redução das emissões de gases nocivos ao meio ambiente causada pela cadeia produtiva dos cabos elétricos.

Essa análise pode ser feita dentro de um sistema que conte com as facilidades de uma rede inteligente, através de ferramentas de planejamento da expansão do sistema, associadas a uma base de dados geo-referenciada, constituindo-se em mais uma das facilidades possíveis do sistema de

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA

gerenciamento da rede inteligente. Mas nada impede que essa técnica seja usada fora desse ambiente através da aplicação direta de seus conceitos.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1312530/CA