



## XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

### Impacto da Rede Inteligente na Distribuição de Energia Elétrica no Brasil

<b>Márcio Venício Pilar Alcântara</b>
<b>Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL</b>
marciovenicio@aneel.gov.br

#### Palavras-chave

Geração distribuída

Pesquisa & Desenvolvimento

Rede Inteligente

Regulação de Energia Elétrica

Smart Grid

#### Resumo

A Rede Inteligente é o atual objetivo no futuro desenvolvimento das redes de distribuição de energia elétrica. Neste artigo, apresenta-se primeiramente o atual estado da aplicação de Rede Inteligente no mundo e no Brasil. Em seguida é apresentado o conceito de Rede Inteligente e tecnologias associadas e quais foram os motivos da sua instalação na Europa, nos Estados Unidos e no Brasil. Associado a isso é mostrado os impactos regulatórios que adoção dessas tecnologias pode causar na regulação de energia elétrica no Brasil, bem como o estado atual da pesquisa no mundo e no Brasil e os primeiros projetos demonstrativos.

#### 1. Introdução

Conforme dados prévios do Balanço Energético Nacional 2010 da Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2010) houve redução já em 2009 de 30,6% da participação de fontes não renováveis no biênio 2008-2009, e aumento de 5,5% de renováveis na oferta interna de energia elétrica, conforme dados prévios do Balanço Energético Nacional 2010. Além disso, prevê-se que o governo federal irá implantar plano de eficiência energética mais amplo, com possibilidade de que residências instalem geração distribuída e possam vender a energia excedente para a rede elétrica no longo prazo, o que irá demandar uma tarifa para essa energia vendida pelo consumidor, criando-se o prosumidor, o consumidor produtor de energia elétrica.

Ainda conforme constatou auditoria do Tribunal de Contas da União – TCU (2008) o Brasil deixa de arrecadar por ano R\$ 10 bilhões em impostos em razão de perdas de energia elétrica causados por furtos e roubos de energia, falhas operacionais e ausência de medição eficiente, e recomenda que os medidores de energia com tecnologia de mais de 100 anos, sejam substituídos por versões mais modernas como, por exemplo, por sistemas de medição eletrônica e de medição centralizada.

Sabe-se ainda que preços crescentes para a eletricidade fazem com que os usuários finais busquem eficiências, seria o caso de ter-se uma tarifa diferenciada para o consumo no horário de ponta, uma tarifa amarela, sendo necessário para isso ainda que os consumidores tenham mais informações da

medição para se basearem, podendo decidir desligar o chuveiro no período mais caro. Assim, o que se precisa é alguma forma de monitorar cada uso individual da energia, permitindo que o consumidor altere seus ambientes e hábitos se necessário.

Somam-se a isso os recentes blecautes ocorridos no Brasil em várias regiões por motivos os mais diversos, mas em sua maioria ligados à falta de investimentos na manutenção e atualização das redes de distribuição de energia, fazendo com que os consumidores de todos os níveis de tensão exijam cada vez mais segurança e qualidade da energia fornecida e sejam obrigados a pagarem tarifas maiores.

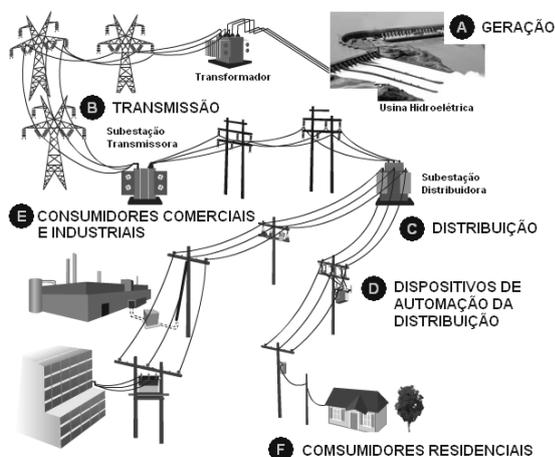
Fora do Brasil as empresas de energia enfrentam problemas semelhantes, mas ligados mais à pressão pela adoção de geração de energia a partir de fontes renováveis, como por exemplo, solar e eólica com o objetivo de diminuir a produção de gases de efeito estufa na geração de energia elétrica.

Assim a indústria da energia elétrica tanto no Brasil quanto no mundo enfrenta nesse início de século XXI grandes e novos desafios: como criar uma rede de energia elétrica que seja amigável ao meio ambiente, econômica, de alta eficiência energética, de baixo custo, segura e flexível?

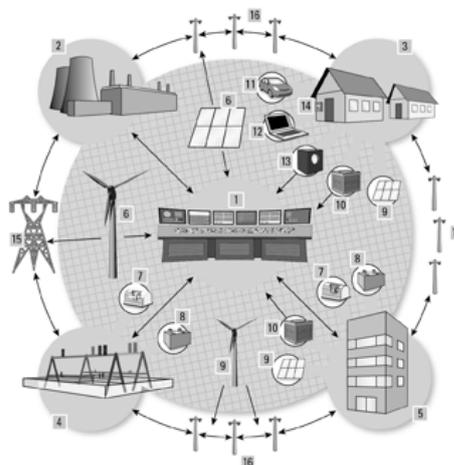
Paralelamente a esses problemas, com o avanço da tecnologia da informação, das telecomunicações e da geração a partir de fontes alternativas, surgiram também novas soluções. Procurando integrar essas e outras soluções, várias empresas de energia pelo mundo abraçaram a ideia de adotar novas tecnologias melhorando a utilização das suas redes. Um consenso surge entre especialistas, acadêmicos e técnicos de vários países que a rede do futuro será uma rede segura, digitalizada, rápida em resposta a colapsos elétricos e que irá permitir o atendimento à crescente demanda de energia elétrica da população. Tudo isso direciona para a criação da assim chamada Smart Grid (Rede Inteligente na tradução do inglês). O presente artigo foca no estado atual de desenvolvimento da Rede Inteligente, analisando os motivos que guiam a sua introdução pelo mundo e também no Brasil, os aspectos legais que influenciam esta adoção bem como quais são os projetos de pesquisa e projetos demonstrativos que estão sendo desenvolvidos no Brasil.

## 2. Conceito e Tecnologias de Rede Inteligente

A imagem 1 abaixo apresenta o diagrama básico simplificado de uma rede de energia elétrica sem a inserção de fontes alternativas de energia e sem uma infraestrutura de comunicação, ou seja, ela é unidirecional. Grandes usinas de geração injetam eletricidade num sistema de fios que a transporta para casas e empresas. Precisando-se de mais energia basta apenas aumentar a geração. Sabe-se que tal sistema, mesmo interligando várias usinas geradoras, como é o caso do Sistema Interligado Nacional – SIN pode ser acometido de instabilidades de tensão e de blecautes, causando o desligamento de todo o sistema quando da falha em um só ponto.



**Imagem 1. Sistema de energia elétrica usualmente utilizado.**



**Imagem 2. Visão de futuro da Rede Inteligente.**

A imagem 2 apresenta uma visão de futuro do que será uma RI: agora ao invés de um diagrama unidirecional tem-se um multidirecional, com a energia fluindo pela rede em todas as direções, das usinas para os consumidores, das fontes renováveis distribuídas pela rede para os consumidores, da geração residencial para a rede etc. Segue detalhamentos:

1. Central de Operação do Sistema na concessionária;
2. Grandes usinas estado da arte em geração eficiente de energia;
3. Residências (consumidores e/ou fornecedores);
4. Subestações;
5. Comércio, indústria e governo (consumidores e/ou fornecedores);
6. Geração renovável de energia em pequena-escala (microgeração);
7. Geração distribuída tradicional;
8. Armazenador distribuído de energia;
9. Geração distribuída renovável de energia;
10. Equipamentos eficientes energeticamente;
11. Veículos elétricos;
12. Informação de consumo em tempo real;
13. Programas de gerenciamento de energia pelo lado da demanda;
14. Medidores inteligentes;
15. Linhas de transmissão;
16. Linhas de distribuição.

A implantação de RI está acontecendo de forma mais intensa na Europa e nos Estados Unidos. Na Europa com a Agenda Ambiental 20-20-20 para 2020: 20% de redução de emissões, 20% de geração renovável na matriz, 20% de economia de energia (Eficiência Energética), o principal motivador para essa instalação é a utilização de fontes distribuídas e renováveis de energia, como por exemplo, energias solar e eólica, a sua instalação se inicia normalmente com a implantação de medição eletrônica e sistema de comunicação associado, os grandes exemplos são a Itália com a empresa Enel que já instalou medição eletrônica em praticamente todo o país, a Suécia, Portugal e Espanha, entre outros. Vários outros países membros da União Europeia já iniciaram a instalação de medidores eletrônicos, o que permitirá posteriormente criar uma plataforma para utilização de funcionalidades avançadas que irão concretizar a RI.

Nos Estados Unidos, com o ato do presidente Barack Obama de investir aproximadamente \$ 4,8 bilhões de dólares em RI por todo o país iniciou-se uma corrida contra o tempo, em que as empresas de distribuição de energia elétrica, fabricantes de equipamentos, empresas de telecomunicações e grandes empresas de tecnologia da informação se uniram ao Departamento de Energia – DOE na sigla em inglês e ao *National Institute of Standards – NIST*, o órgão de padronização americano para definirem padrões para a RI de forma a garantir interoperabilidade de protocolos e produtos em diversas áreas meio, como telecomunicações, tecnologia da informação e energia. Perto de 80 padrões foram escolhidos em setembro de 2009 como necessitando de definição, conforme NIST (2009).

O dinheiro disponibilizado pelo governo dos EUA já começou a ser distribuído entre várias empresas de energia para que comecem a realizar projetos demonstrativos como forma de experimentar as várias tecnologias disponíveis e medir a resposta do consumidor a essas novas formas de entregar energia elétrica. Um grande exemplo é o projeto da empresa Xcel Energy na cidade de Boulder no estado do Colorado, amplamente divulgado pela imprensa.

### **3. Regulação Para Implantação de RI no Brasil**

Em outros países os motivos para implantação da RI são semelhantes aos casos americano e europeu com algumas pequenas diferenças, como é o caso da Austrália, China e até a Coreia. No Brasil, o

combate às perdas não técnicas, como o furto e roubo de energia, foi um dos maiores fatores que influenciaram alguns dos primeiros projetos. No entanto, essa motivação não se aplica a todo o território, fazendo com que os tipos de projetos e tecnologias de RI implantados variem bastante, mas em sua maioria focados apenas na substituição dos antigos medidores analógicos de energia por medição eletrônica concentrada ou individualizada, como é o caso da Ampla e da Cemig, não dando espaço para que esses medidores tenham futuramente funcionalidades avançadas voltadas para a uma RI conforme o conceito apresentado.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL vem desde 2008 buscando formas de viabilizar a implantação da RI no Brasil, pois sabe da sua importância não apenas no combate às perdas não técnicas de energia, mas também como forma de desenvolver uma rede de distribuição com maiores funcionalidades possíveis dentro do conceito de RI. Com esse objetivo o primeiro passo da ANEEL é estabelecer a regulação para implantação da medição eletrônica no Brasil, já que o medidor de energia passa a ser na RI o portal de comunicação entre a concessionária e o consumidor.

Sendo assim a ANEEL promoveu em setembro de 2008 o Seminário Internacional Sobre Medição Eletrônica e como resultado instaurou a Consulta Pública nº 015/2009 para obter subsídios e informações para implantação da medição eletrônica em baixa tensão. Esta consulta foi amplamente respondida pelos interessados, principalmente fabricantes mundiais de equipamentos, as maiores empresas de tecnologia da informação no mundo e associações e empresas do setor de energia elétrica do Brasil.

A previsão é de que ainda no primeiro semestre de 2010 seja divulgada Audiência Pública já com a versão a ser regulamentada sobre medição eletrônica trazendo não apenas a substituição dos medidores analógicos pelos medidores digitais para medirem energia ativa, mas também com requisitos mínimos para que esses medidores sejam inteligentes, bem como diretrizes para a substituição de aproximadamente 40 milhões de medidores em todo o país. Espera-se que em até 10 anos todo o parque de medição tenha sido substituído. Conforme Lopes (2009) a Tabela 1 apresenta as grandezas elétricas que deverão ser exigidas, bem como as funcionalidades mínimas que esses medidores deverão ter.

**Tabela 1. Grandezas elétricas a serem medidas e funcionalidades mínimas dos medidores eletrônicos a serem instalados no Brasil.**

Grandezas Elétricas	Funcionalidades Mínimas
Tensão	Registro de frequência de interrupções
Corrente	Registro de duração de interrupções
Energia elétrica ativa consumida	Registro de duração de transgressão de tensão
Energia elétrica reativa consumida	Capacidade de aplicação de postos tarifários
Demanda ativa	Capacidade de operação em pré-pagamento
Demanda reativa	Capacidade de atuação remota
Fator de potência	Capacidade de parametrização e leitura remotas
Frequência	

Percebe-se pela Tabela 1 que várias das funcionalidades mínimas exigirão futuras regulamentações e até mesmo criação de legislação apropriada. É o caso da criação de posto tarifário, ou seja, tarifa diferenciada conforme o horário de consumo, ou tarifa amarela, ainda sem regulamentação no Brasil, bem como o pré-pagamento de energia que levanta a questão do desligamento automático do consumidor após o fim dos créditos, sendo que hoje se exige um aviso prévio.

Mas a regulação de RI não passa apenas pela regulação de medição eletrônica e de telecomunicações, envolve conhecimentos principalmente sobre: planejamento energético, políticas públicas e regulação de energia, sistemas de potência – G, T & D, automação, proteção, sensoriamento e operação em

tempo real, mecanismos de mercado de energia, tarifas diferenciadas, geração distribuída, gerenciamento do lado da demanda e eficiência energética, ou seja, apesar de já se existirem as tecnologias que podem ser aplicadas em rede inteligente, o desafio não é tecnológico, mas sim regulatório, econômico, financeiro, institucional e socioambiental.

Para isso, deve-se definir:

- Desenho inteligente de tarifas e mudança no modelo de remuneração das distribuidoras.
- Informação sobre os custos de energia, como são definidos e como gerenciá-los.
- Normas e códigos para os novos eletrodomésticos, prédios e processos industriais.
- Tecnologias Habilitadoras que permitem o controle de custos e usos em tempo real.
- Descontos e financiamento para acelerar a adoção de tecnologias inteligentes de uso final.

Independente de todas essas exigências deve-se sempre levar em conta a modicidade tarifária, ou seja, a relação custo-benefício da implantação não apenas da medição eletrônica, mas também dos outros sistemas necessários associados como o de comunicação e de gerenciamento, pois toda atualização da rede de distribuição é refletida na base de remuneração dentro da parcela B da estrutura tarifária que permite calcular a tarifa de energia das empresas. A imagem 3 ilustra essa ideia.



**Imagem 3. Maximização dos benefícios em relação aos custos na aplicação de RI.**

Como forma de apoio o governo brasileiro, em 15 de abril de 2010 através do Ministério de Minas e Energia criou por meio da portaria nº 440 um Grupo de Trabalho (GT) composto por representantes do MME, da EPE, do CEPREL – Centro de Pesquisa de Energia Elétrica, da ANEEL e do ONS – Operador Nacional do Sistema, para analisar e identificar ações necessárias para subsidiar o estabelecimento de políticas públicas para a implantação de um Programa Brasileiro de Rede Elétrica Inteligente, o chamado “Smart Grid”, abordando, principalmente, os seguintes aspectos:

I – o estado da arte de programas do tipo “Smart Grid”, no Brasil e em outros países;

II – proposta de adequação das regulamentações e das normas gerais dos serviços públicos de distribuição de energia elétrica;

III – identificação de fontes de recursos para financiamento e incentivos à produção de equipamentos no País; e

IV – regulamentação de novas possibilidades de atuação de acessantes no mercado, o que inclui a possibilidade de usuários operarem tanto como geradores de energia (geração distribuída) quanto consumidores.

#### **4. Projetos de Pesquisa e Demonstrativos de RI**

Nos EUA com os recentes grandes blecautes as empresas de energia passaram a dar grande atenção à segurança e qualidade da energia; consumidores começaram a exigir dessas empresas maior qualidade no fornecimento de energia. O grande aumento de demanda por segurança nacional e proteção ambiental na política também levou ao estabelecimento de altos padrões para a construção e manutenção da rede de energia conforme Brown (2008). Ao mesmo tempo, em anos recentes as pesquisas em materiais básicos, tecnologias de informação e de energia, têm enfatizado a melhoria da segurança e eficiência da rede de energia, como pode se verificar pela emergente área de cabos supercondutores.

Similarmente, os consumidores de energia na Europa passaram a exigir altos padrões para o fornecimento, qualidade e geração da energia conforme Comissão Europeia (2008). Devido à extrema atenção para a proteção ambiental, comparado com a construção da rede de energia nos EUA, os europeus dão maior importância à construção de facilidades de acesso às energias renováveis, o impacto na vida selvagem, bem como a pesquisa ativa em monitoramento em tempo real e controle remoto. Tudo é para tornar real a ideia de uma rede “Plugue e Use” aumentando a facilidade de acesso e interação pelo consumidor. Em ambos, Europa e EUA, o motivo mais comum para o desenvolvimento das redes é integrar novas e renováveis fontes de geração de energia. Sendo assim, a RI não é um projeto fixo e estático, variando conforme o estado atual de aplicação da tecnologia e do problema a ser solucionado dentro da rede, sendo necessário que cada país simplifique e ajuste a RI de forma a alcançar suas próprias necessidades e interesses.

##### ***4.1 Pesquisa e Projetos demonstrativos em RI no Brasil***

No mundo como um todo o grande esforço de pesquisa e padronização em RI está se concentrando não apenas nos grandes fabricantes de equipamentos para o setor elétrico, e grandes empresas de tecnologia da informação e de telecomunicações, como também nas maiores associações que integram pesquisadores dessas áreas em todo o mundo, associações de empresas de energia e de interessados ligados à área.

No Brasil as pesquisas ainda estão no seu início e são promovidas em sua maioria pelos projetos de pesquisa e desenvolvimento das empresas de energia, ou seja, dentro do Programa de P&D ANEEL.

Como exemplos desses projetos pode-se citar “Rede de Multisserviços Utilizando a Infraestrutura de Energia Elétrica” e “Desenvolvimento da Rede de Distribuição Inteligente (Smart Grid) utilizando Soluções de Comunicação, Dispositivos Avançados e Integração de Sistemas” ambos da Eletropaulo, “Desenvolvimento de uma Rede Inteligente Utilizando Cabos Ópticos no Combate às Perdas” da Ampla e “Desenvolvimento de um Sistema de Localização de Falta na Rede de Distribuição da CELPE” da Celpe, como citado por Pompermayer (2009).

Ainda dentro de algumas empresas de energia realizam-se projetos chamados demonstrativos onde se instala em cidades escolhidas toda uma infraestrutura de Rede Inteligente, da medição eletrônica à comunicação. Como exemplos pode-se citar o projeto “Cidades do Futuro” amplamente divulgado pela Cemig, tendo se iniciado neste ano de 2010 e o projeto da Eletrobras “Desenvolvimento de Modelo Referência para Empresas de Distribuição, fundamentado na experimentação de aplicações de conjunto de tecnologia Smart Grid, projeto piloto a ser implantado em Parintins-AM”.

Esses projetos de forma geral têm como objetivo principal o desenvolvimento e a implementação de um piloto de soluções para automação, autorrecuperação, detecção de falhas, controle de carga e medição remota, suportada por uma infraestrutura de comunicação baseada em tecnologias avançadas

e compatíveis com a arquitetura de RI, que atendam os requisitos necessários de tempo de resposta, banda de passagem e disponibilidade para transmissão dos dados, permitindo com isso testar várias tecnologias disponíveis de telecomunicações e medição bem como a resposta do consumidor tanto em termos tarifários como possibilidade de novas modalidades contratuais para o fornecimento de energia elétrica.

## 5. Conclusões

Rede Inteligente é o tema mais atual de pesquisa em sistemas elétricos de potência, e provavelmente um dos mais importantes nesse início de século XXI pela grande quantidade de áreas que integra, cobrindo padrões e aplicações das três maiores indústrias do mundo: energia elétrica, telecomunicações, e tecnologia da informação. Muitos países no mundo estão envolvidos atualmente no desenvolvimento de padrões e na pesquisa e experimentação de aplicações através de projetos-piloto em Rede Inteligente pelos mais diversos motivos, sendo o principal a integração de geração distribuída alternativa e renovável nas redes de distribuição e na flexibilidade tarifária permitida. E o Brasil começa a entrar nessa área através da regulamentação da utilização de medição eletrônica de energia e realizando projetos de pesquisa e demonstrativos, motivados principalmente pelo combate às perdas não técnicas de energia elétrica e a futuras aplicações de Rede Inteligente.

## 6. Referências bibliográficas e/ou bibliografia

- BROWN, R. E.. Impact of Smart Grid on distribution system design. Proc. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, pp. 1-4.
- COMISSÃO EUROPÉIA. Directorate-General for Research, “Draft -Strategic Deployment Document for Europe’s Electricity Networks of the future”, 2008.
- EPE. Balanço Energético Nacional 2009: Ano base 2008. Empresa de Pesquisa Energética. (disponível em <https://ben.epe.gov.br/>)
- EPE. Balanço Energético Nacional 2010 - Ano base 2009: Resultados Preliminares. Empresa de Pesquisa Energética. (disponível em <https://ben.epe.gov.br/>)
- IEA. Key World Energy Statistics 2009. International Energy Agency (disponível em [http://www.iea.org/Textbase/nppdf/free/2009/key\\_stats\\_2009.pdf](http://www.iea.org/Textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf))
- LOPES, P. H. S. (2009). Regulamentação da Medição Inteligente. Apresentação no Painel Cenário da Regulação e Transformação Social. II Fórum Latino-Americano de Smart Grid. São Paulo, Brasil, 2009.
- NIST (2009). NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards. National Institute of Standards and Technology. Setembro de 2009.
- POMPERMAYER, M. L. (2009). Desafios da Pesquisa & Desenvolvimento para Smart Grid. Apresentação no I Seminário Internacional de Smart Grid. Campinas, Brasil, 2009.
- TCU (2008). Revista do tribunal de contas da união. Ano 40, nº 113. Setembro/dezembro 2008, p. 88.