

Desafios para a Ciência e Tecnologia no contexto do setor elétrico

CRISTIANO DE LIMA LOGRADO

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma fonte de energia absolutamente incorporada ao cotidiano da maioria das pessoas. É usada sem que haja qualquer preocupação com a sua origem, como é produzida, como chega até as casas e empresas. Ela tornou-se uma fonte de conforto e um vetor de desenvolvimento, haja vista a dependência da tecnologia e dos processos industriais em relação a esta fonte.

Números do setor energético indicam que o consumo de energia em todo o Brasil, no ano de 1999, foi da ordem de 253,3 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), segundo MME (2000), sendo que 42% deste total refere-se a energia elétrica.

Mesmo estando presente em 92% dos domicílios brasileiros, o uso residencial representa apenas 27,3% do consumo de energia elétrica. A maior parcela de consumo refere-se ao uso industrial 42,9% e comercial 15,5%, segundo CCPE (2000). Ou seja, a energia elétrica é um vetor fundamental do processo de desenvolvimento econômico.

Estes números, todavia, devem ser olhados com cautela; uma grande parte do extenso território brasileiro ainda não é coberto pela malha de transmissão. A Região Norte, por exemplo, apresenta os maiores problemas de abastecimento de eletricidade do país, onde muitas localidades ainda são atendidas por sistemas isolados de geração térmica a óleo diesel pouco eficientes e de custo elevado.

Uma peculiaridade da energia elétrica, em relação ao petróleo por exemplo, é o fato de não ser armazenável. Este fato impõe a sua cadeia produtiva e de consumo a necessidade de manutenção de um equilíbrio contínuo entre oferta e demanda. Assim, as fontes de energia devem estar ligadas diretamente aos pontos de consumo, em tempo real. A cadeia produtiva e de consumo é, então, composta por três etapas distintas, a saber: geração, transmissão e distribuição, e uso final. As duas primeiras etapas são executadas pelo chamado Setor Elétrico, ao passo que o uso final é executado por residências, empresas industriais e comerciais e governo, ou seja, usuários em geral.

O setor elétrico brasileiro tem características que o levam a uma extrema complexidade operativa, devido ao seu porte e número de participantes envolvidos. É baseado em grandes sistemas de geração (predominantemente hidráulicos) distantes dos centros de consumo, o que exige longas linhas de transmissão. Essa concepção permite ganhos econômicos de escala e uso otimizado de recursos naturais, porém também acarreta grandes perdas energéticas e uma maior vulnerabilidade ao estrangulamento de corredores de transporte de energia. Assim o planejamento de sua operação é uma tarefa árdua, pois deve-se buscar, a cada instante um ponto de operação ótimo dos pontos de vista energético e econômico.

No lado do uso final, observa-se nos últimos anos, um aumento contínuo da demanda de energia. Segundo CCPE (2000) a demanda por energia cresceu a uma taxa média de 5,8% no período de 1980-1990 e 4,2% no período de 1990-1998. Este aumento da demanda exige, em contrapartida, que o parque gerador e os sistemas de transmissão e distribuição cresçam em ritmo semelhante. Tendo-se em vista o tempo médio de implantação de sistemas de geração e transmissão pode variar de 2 a 7 anos o planejamento da expansão do sistema é, também, uma tarefa que exige esforço considerável.

Os modelos atualmente empregados para a operação e para o planejamento da expansão foram desenvolvidos ao longo dos últimos 20 anos, no contexto das empresas estatais do setor elétrico, algumas vezes em parceria com universidades e centros de pesquisa. Todavia, este modelo que foi adequado neste período, passa agora por um processo de revisão, haja vista a reestruturação do setor elétrico.

A exemplo do que ocorreu e ainda ocorre nos principais países do mundo, o setor elétrico brasileiro passa por uma fase prolongada de grandes transformações. Trata-se, na verdade, de um amplo processo estimulado pela busca de maior produtividade em setores tradicionalmente fechados, com majoritária participação governamental, sob a égide da economia de mercado e da internacionalização da economia. Muitos países que já passaram e/ou estão passando por processos semelhantes de mudança valorizaram novas idéias de competição e de separação empresarial das diferentes atividades envolvidas na cadeia produtiva que vai da geração ao uso final, acompanhadas das conseqüentes mudanças em seu quadro regulador.

Em uma visão de médio e longo prazo, os seus principais desafios vinculam-se ao atendimento das crescentes necessidades energéticas do país, em condições adequadas de qualidade e preço. Além disto, o setor defronta-se com o crescimento da consciência ambiental da população; assim, a variável ambiental torna-se um fator determinante para o planejamento da operação e da expansão do sistema. No lado do uso final a introdução da variável ambiental gera a necessidade de revisão dos níveis de eficiência de equipamentos eletro-eletrônicos e de processos industriais.

Este novo cenário coloca o desenvolvimento científico e tecnológico como um fator relevante na questão da energia. A Ciência e a Tecnologia (C&T) pode contribuir de forma significativa na busca da solução de diversas questões que vêm a tona com as mudanças do setor.

2. ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

2.1 CADEIA PRODUTIVA DE ENERGIA

• Geração

Condição Atual: A parcela da matriz energética brasileira dedicada a geração de energia elétrica, segundo ONS (2000), conta com uma capacidade instalada de cerca de 67,9 GW, considerando-se apenas o sistema interligado. Deste total, 60,3 GW correspondem a usinas hidroelétricas e 7,6 a usinas térmicas, inclusive nucleares. A capacidade instalada total dos Sistemas Isolados, por sua vez, é de 1.932 MW, segundo CCPE (2000), dos quais 1.367 MW correspondem a usinas termelétricas e 565 MW a usinas hidrelétricas.

A preferência pela hidroeletricidade ocorre em função da ampla disponibilidade de recursos hídricos no país. O SINPOT (Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro) reporta que o potencial total do país para geração hídrica ultrapassa 250.0 GW, ou seja, o parque instalado representa pouco mais de 27% do potencial disponível.

A geração térmica é usada apenas de forma complementar, em período hidrológicamente desfavoráveis, ou em pontos não servidos pelo sistema interligado. Dentre as fontes utilizadas, destaca-se as usinas a carvão na Região Sul; as nucleares de Angra I e Angra II no Rio de Janeiro e as usinas a diesel onipresentes nos sistemas isolados. O gás natural desponta no cenário como uma fonte de energia, mas seu uso é incipiente.

Potencial para geração: é evidente que o país continuará tendo, por muito tempo, a hidroeletricidade como sua principal fonte de energia, mesmo se considerarmos que os novos aproveitamentos estão localizados, em sua grande maioria, na região norte, e que para sua utilização os custos econômicos e sociais serão de grande amplitude, quer por questões ambientais, quer pelo fato de que o deslocamento de grandes blocos de energia para as regiões consumidoras demandarão linhas de transmissão especiais.

Desta forma, a busca por novas fontes de energia surge como uma necessidade imediata. Pelo menos no curto prazo, esta busca passa, necessariamente, pela utilização de térmicas, sejam elas a gás natural ou adequadas ao uso do carvão nacional. No primeiro caso, ao volume hoje produzido em território nacional (atualmente algo como 33 milhões de metros cúbicos dia) acrescenta-se a real possibilidade de importação de volumes

consideráveis de gás boliviano (7 milhões de metros cúbicos dia) e argentino, e no segundo caso o desafio é desenvolver e/ou aprimorar tecnologias conhecidas para utilização do carvão brasileiro, caracterizado por um altíssimo teor de cinzas.

Ademais, dado as especificidades do Brasil, não se pode de modo algum descartar a utilização da biomassa, das energias solar e eólica e da fonte nuclear, as três primeiras como passíveis de atenderem mercados isolados e de menor demanda, e a última como uma alternativa para o suprimento ao sistema interligado brasileiro. É importante ressaltar, no entanto, que ainda há muito conhecimento a ser adquirido no que refere-se a utilização de fontes não-hidroelétricas. Outro ponto colocado, é a adoção de um modelo de geração distribuída, como forma de complementar o modelo atual, baseado em grandes centrais. O conceito de geração distribuída torna-se interessante por que minimiza a utilização de linhas de transmissão e, de modo geral, explora fontes locais de energia, principalmente as chamadas fontes alternativas (eólica, solar, PCHs e gás natural).

• Transmissão e Distribuição

Condição atual: O objetivo básico do sistema de transmissão e distribuição é transportar a energia desde as usinas, onde é gerada, até o seu ponto de consumo.

Ao final de 2000, a rede de transmissão brasileira era formada por mais de 69.000 Km de linhas de transmissão em tensões superiores a 230 kV, conforme detalhamento da tabela abaixo. Considerando-se linhas com tensões abaixo de 230 kV, a extensão do sistema cresce para 184.000 km.

Tensão (kV)	Extensão (km)
230	32.582,2
345	9.023,5
440	6.162,5
500	17.657,5
600 CC*	1.612,0
750	2.379,0
Total	69.416,6
* Linha de corrente contínua	

Objetivando-se a redução das perdas no processo de transmissão a linhas operam em tensões diferentes das tensões exigidas pelos consumi-

dores. A transformação de tensões é feita nas subestações. A potência instalada em subestações de transmissão ultrapassa, por sua vez, os 228.000 MVA.

Deve-se notar, entretanto, que a maioria da rede básica de transmissão é composta de linhas e equipamentos com vida média na faixa de 20 a 30 anos de serviço, o que acarreta inevitável degradação da confiabilidade do sistema, agravada pela reconhecida sobrecarga do sistema existente.

Este sistema, altamente complexo, interliga mais de 120 usinas com potência superior a 10 MW aos centros de consumo. Até 1999, havia dois grandes sistemas, o Norte/Nordeste e o Sul/Sudeste/Centro-Oeste. A partir de 1999, com a entrada em operação da Linha de Transmissão (LT) Norte-Sul, entre Imperatriz no Maranhão e Samambaia em Brasília, estes dois sistemas foram interconectados, transformando-se em um único sistema interligado. Este Sistema atende, agora, a cerca de 98% do mercado total de energia elétrica do País.

Em escala nacional, este sistema permite um melhor aproveitamento da energia disponível em cada região, permitindo a troca de energia entre as regiões, quando necessário.

Apesar dos ganhos obtidos com a operação integrada de todo o sistema as perdas no sistema de transmissão e distribuição são significativas. As perdas – diferença entre a produção e o consumo – correspondem ao somatório das perdas técnicas em transmissão, subtransmissão e distribuição (urbana e rural) – corresponderam, em 1999, a 14,7% de toda a energia produzida.

• Uso Final e Qualidade da Energia

Em relação ao uso final, o crescente aumento da demanda por energia deve-se, basicamente, à expansão da economia, ocasionada pela estabilidade econômica. Em especial, o aumento do poder aquisitivo do consumidor provoca uma expansão do consumo doméstico.

Do ponto de vista técnico, o usuário brasileiro apresenta comportamentos diferenciados em função do nível de consumo.

Os grandes, principalmente industriais, em função da importância dos gastos com energia, ao longo dos últimos anos, têm investido significativamente em eficiência energética e na busca da sustentabilidade, através da auto-produção.

Os consumidores residências e as pequenas empresas, por sua vez, vivem uma condição bastante diferenciada. Este consumidor deve utilizar os equipamentos disponíveis no mercado, que de modo geral apresentam baixa eficiência. O governo esboça, atualmente, uma crescente preocupação em informar a este consumidor o nível de eficiência dos equipamentos disponíveis no mercado, através de processos de “etiquetagem”, mas o alcance desta ação ainda é muito limitada. Como

exemplo desta condição cita-se o uso massificado de lâmpadas incandescentes e de chuveiros elétricos, equipamentos de baixa eficiência.

Outro fator que contribui para a baixa eficiência no lado do usuário é a qualidade da energia fornecida. A má qualidade de energia gera prejuízos e perdas de produção para consumidores e concessionárias e seus custos não são desprezíveis.

2.2 QUESTÕES CHAVE DA CADEIA PRODUTIVA

O quadro atual do setor elétrico mostra um sistema em transformação, o qual deve lidar com toda uma gama de novos fatores. Alguns dos pontos críticos detectados são:

Na geração, destacam-se duas vertentes principais: a primeira, refere-se à introdução da geração térmica no modelo atual do setor, o que manteria a condição atual de geração em grandes centrais; a segunda vertente, seria a introdução do conceito de geração distribuída. Obviamente, a adoção da segunda vertente teria como resultado final um sistema misto, baseado em grandes centrais, mas tendo a geração local como um ponto de apoio importante. Incluídos nestas vertentes estão, também, os conceitos de cogeração e de autoprodução. Em qualquer dos casos os modelos de operação e expansão do setor precisam ser revistos. A forma como o sistema interligado irá operar deverá mudar de forma significativa, principalmente se a participação da geração distribuída tornar-se significativa.

O crescimento da geração térmica no Brasil (1,5% em 1993 contra 23% em 2009, segundo o Plano Decenal 2000-2009) deverá ser baseado principalmente na utilização do gás natural e do carvão, para plantas de capacidade acima de 30 MW, e em biomassa sob as formas de madeira, bagaço de cana e resíduos industriais, agrícolas e urbanos para plantas de menor porte. A fonte nuclear, também é considerada. Espera-se, também, um aumento na utilização de plantas de cogeração devido à sua atratividade econômica em relação à geração termelétrica convencional.

A nível de geração distribuída, além do gás natural e da biomassa, devem ser empregadas as fontes solar, eólica e a hídrica, através de PCHs.

As mudanças no sistema de geração afetam diretamente o sistema de transmissão e distribuição. Assim, um ponto observado é que este sistema deve-se adaptar a presença das usinas térmicas; a grande mudança, entretanto, deve ser ocasionada pela introdução do conceito de geração distribuída. Além disto, as perdas atuais, da ordem de 14% precisam ser amenizadas. O custo e o tempo de implantação de linhas de transmissão aparece como um fator crítico no contexto do sistema de transmissão. A nível de distribuição, os problemas maiores estão na área da qualidade da energia fornecida.

No lado do uso final o maior problema é a incapacidade do usuário de selecionar equipamentos eficientes, ou por falta de conhecimento, ou

por falta de informação da parte de fabricantes e governo. Basicamente, não há índices indicativos de eficiência energética.

2.3 QUESTÃO AMBIENTAL

A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável traz um novo desafio para a expansão e operação do sistema elétrico-brasileiro, traduzido pelo reconhecimento de que a adoção de uma estratégia energética incorrerá na escolha de uma estratégia ambiental.

Em virtude da própria natureza dos problemas ambientais – são multidisciplinares, multidimensionais, multisetoriais, envolvendo a convergência de interesses entre diversos segmentos sociais, agentes públicos e privados – o setor elétrico tem que lidar necessariamente com as incertezas e riscos inerentes ao tratamento destas questões, que muitas vezes se traduzem em maiores custos e prazos mais longos.

Os princípios de competitividade, produtividade e confiabilidade, que norteiam o novo modelo institucional do setor, não podem, então, prescindir de uma estratégia ambiental que considere, a priori, a utilização racional dos recursos naturais e de fontes renováveis de energia e que também vise a redução dos prováveis impactos associados a cada empreendimento e a internalização dos custos associados às ações de prevenção, mitigação e compensação. Destaca-se ainda que, no momento atual, existe a tendência da gestão ambiental emergir como fator de diferenciação competitiva nas estratégias dos modelos de gestão empresarial. Nesta abordagem, considera-se insuficiente a adoção de uma estratégia que se restrinja somente ao atendimento de obrigações legais impostas pelo processo de licenciamento ambiental.

3. DESAFIOS PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Em função das mudanças institucionais e estruturais os modelos atualmente empregados no planejamento da operação e expansão do sistema elétrico carecem de uma revisão. Neste contexto, a comunidade brasileira de C&T pode contribuir de forma significativa.

O processo de revisão deveria, a priori, buscar a adaptação dos modelos nos seguintes pontos:

- Introdução variável ambiental;
- Consideração dos efeitos da mudança do parque gerador, especificamente considerar a introdução da geração térmica de grande porte no médio prazo e a adoção do conceito de geração distribuída no médio e longo prazo;
- Integrar modelos de previsão de demanda;

- Integrar modelos de clima e comportamento de bacias hidrográficas.

GERAÇÃO

A introdução do gás natural como fonte de energia será feita, basicamente, através de turbinas a gás operando em ciclo combinado. O comportamento deste tipo de instalação operando no Brasil é uma incógnita. Assim, deve-se conduzir estudos que visem a desenvolvimento de modelos para simulação do comportamento deste tipo de usina.

O utilização do carvão mineral como combustível passa, necessariamente, pela adaptação das tecnologias disponíveis ao carvão brasileiro, que difere muito da média mundial.

Em relação a fontes alternativas (eólica, solar e biomassa) os esforços devem ser específicos, haja vista os diferentes níveis de desenvolvimento de cada uma. De forma geral, pode-se destacar a necessidade de se levantar o real potencial energético de cada uma delas. Em muitos casos a otimização para operação no Brasil é ainda, uma necessidade.

TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO

Os estudos referentes a este tópico devem ser direcionados para a redução das perdas deste sistema. Esta redução pode ser conseguida através da introdução de novos materiais e do desenvolvimento de novas metodologias de projeto e construção de linhas de transmissão e sistemas de distribuição. Um esforço considerável também deve ser dedicado para avaliar a qualidade da energia fornecida e os efeitos da má qualidade nos níveis de eficiência dos equipamentos que a utilizam.

4. CONCLUSÕES

As mudanças do setor elétrico são um fato e independem da participação da comunidade de C&T. Também é fato que este setor deve ter como meta principal a viabilização da expansão do sistema, assegurando a oferta de energia necessária ao desenvolvimento integral do país, tendo em conta os propósitos de modernização, competitividade e qualidade do país como um todo.

A participação da comunidade científica no processo de mudança, entretanto, pode trazer benefícios significativos para o país. Dentre os principais, pode-se citar a formação de recursos humanos, que irão suprir as necessidades do próprio setor. Outros ganhos, de caráter mais específicos são:

- Aperfeiçoamento de metodologias de planejamento da operação, o que resultaria num melhor aproveitamento energético dos recursos disponíveis;

- Identificação de novas fontes de energia, e determinação de modelos para inserção destas nos modelos operacionais e de expansão do setor;
- Indicativo de direções que podem levar ao aperfeiçoamento do atual sistema de geração, transmissão e distribuição;
- Definição de critérios para eficiência energética de equipamentos e processos, através de pesquisa na área e da criação de centros de certificação de equipamentos e processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (2000) MME – Secretaria de Energia - Setor Energético: destaques em 1999 e oportunidades de negócios – Brasília - Maio/2000
- (2000) MME - Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE) - *Resenha de Mercado* - Ano IV, nº 55, Dezembro/2000
- (2000) Operador Nacional do Sistema (ONS) - Planejamento anual da operação energética ano 2000 - Sistema interligado Nacional - Brasília - Abril/2000
- (2001) Tópicos de pesquisa e desenvolvimento - Fundo setorial de P&D do setor elétricos - *Documento interno, produzido pelo CEPTEL*
- (2000) PRIORIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NA ÁREA DE ENERGIA - *Documento interno, produzido por* Mauricio Tiomno Tolmasquim (Coordenador do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ e Presidente da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético)

Resumo

Este artigo apresenta um panorama inicial sobre a importância da energia elétrica para a sociedade/economia brasileira. Números fornecidos pelo MME indicam que a energia elétrica representa 42% do consumo energético da nação e está presente em mais de 90% dos domicílios brasileiros. Faz-se, então, um estudo sobre a condição atual do setor elétrico, abordando-se especificamente a questão da geração, da transmissão e distribuição e do uso final da energia. Para cada etapa da cadeia produtiva, faz-se uma breve análise de sua condição atual, seus problemas e desafios, abordando, inclusive, as questões ambientais. A seguir, mostra-se os pontos onde a pesquisa em C&T pode atuar. Especificamente, destaca-se a questão do planejamento energético que deve incorporar as alterações do parque gerador, com a introdução do gás natural e dos sistemas de transmissão e distribuição, além de introduzir a variável ambiental. Em suma, nota-se que a pesquisa em C&T pode contribuir de forma significativa na solução das questões do setor, mas tem ainda efeitos paralelos, dentre os quais destaca-se a formação e capacitação de pessoal.

Abstract

This paper presents an overview of the brazilian electricity sector, their problems and challenges. Electric energy is used in 92% of the brazilian residences; this energy source, also, represents 42% of the energy consumption on the brazilian society. The

generation and transmission systems and the end-use of electric energy are analysed. These analysis show that research on C&T can contribute on many ways to solve their problems and win their challenges. The main points are the changes on the generation matrix, by the introduction of thermal systems based on natural gas; the model for operation on this new scenario and the necessity of improving the environmental performance of the electricity sector. Research on C&T can, also, contribute on the training of new technicians on this area.

O Autor

CRISTIANO DE LIMA LOGRADO. É Engenheiro Mecânico, graduado pela Universidade de Brasília (UNB), com mestrado na mesma instituição. No mestrado, trabalhou com a questão da otimização térmica e econômica de turbinas a gás e ciclos combinados, utilizando os conceitos de energia e de termoeconomia. Atualmente, trabalha como consultor técnico do Fundo Setorial de Energia (CTENERG) do Ministério da Ciência e Tecnologia.