



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GPD - 20  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO XV  
GRUPO DE ESTUDO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - GPD**

**PESQUISA E DESENVOLVIMENTO NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO – MODELOS E ESTRATÉGIAS**

**Márcio Drummond \* Fernando Chagas**

**Marco Polo Pereira**

**Flávio Luciano A. Souza**

**ELETROBRÁS**

**MARCOPOLO CONSULTORIA**

**AUCTÓRITAS CONSULTORIA**

**RESUMO**

O artigo apresenta um panorama da estrutura de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro. Relata o que foi indicado por formadores de opinião como sendo as necessidades nacionais do setor, em termos de P&D elétrica, com base em pesquisa Delphi. Descreve as tendências tecnológicas internacionais apontadas por diversos especialistas, tendo como fontes primárias instituições notoriamente reconhecidas como EPRI (Estados Unidos), Hydro Quebec (Canadá), Kema (Holanda) e CESI (Itália). Compara o que está em andamento no país com as tendências tecnológicas nacionais e internacionais e aponta ações setoriais, modelos e estratégias para preencher vazios entre o estado atual e aquilo que os formadores de opinião consideram que será o futuro da tecnologia elétrica, no Brasil e no exterior. São indicados modelos e ações para eficientizar a estrutura de pesquisa elétrica, para revitalizar os centros de pesquisa, para formar competências e ampliar de forma eficiente a infra-estrutura laboratorial.

**PALAVRAS-CHAVE**

Pesquisa e Desenvolvimento, Tendências Tecnológicas, Pesquisa Elétrica.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A história da pesquisa e desenvolvimento em energia elétrica no Brasil teve seu marco principal na criação do CEPEL em 1974. A partir de então e durante muitos anos a pesquisa teve forte centralização no CEPEL e no Laboratório Central da COPEL (LAC), com esforços isolados em concessionárias, universidades e institutos estaduais. A partir de 2000, particularmente após a Lei 9991 de julho de 2000, o setor elétrico tem presenciado uma verdadeira revolução na área de P&D, através da descentralização dos agentes executores, fortalecimento da pesquisa universitária e da pluralidade de assuntos investigados pelas concessionárias. Levantamento realizado em 1998, entre os centros de pesquisa elétrica do mundo, mostrava que a média de inversões em P&D quando comparada ao faturamento das empresas que suportavam as pesquisas era de 1, 13%. Naquela época a razão entre as aplicações em P&D e o faturamento do setor elétrico brasileiro era da ordem de 0,43%. Passados 5 anos, em 2003, conseguimos dar uma reviravolta nesse quadro em função da Lei 9991. Teoricamente seriam investidos cerca de 1,09 % (1,1%, em números redondos), considerando-se os recursos da lei 9991 e ainda outras aplicações, o que nos deixaria na média mundial. Em termos reais, se levarmos em conta os contingenciamentos do CT-Energ, em vez de 1,09%, chegaremos a 0,66%, que é um índice 50% maior que o de 1998. No entanto, a velocidade com que essas mudanças aconteceram, por um lado pela necessidade de fazer cumprir a lei e de outro para não deixar escapar uma oportunidade que jamais surgira anteriormente na história da engenharia do setor elétrico brasileiro, reforçada pela demanda reprimida em projetos de P&D e pela descentralização, levou essas atividades para um plano extremamente prático, operacional. Em que pese a pluralidade de assuntos investigados e a indiscutível riqueza de resultados das pesquisas realizadas, muito bem documentados no I e II

\*Praia do Flamengo, 66 - Bloco A - CEP 22210-003 – Rio de Janeiro - RJ - BRASIL  
Tel.: (21) 2514-5670 - Fax: (21) 2514-6394 - e-mail: mdrumx@eletrobras.com

CITENEL, existe a sensação de que não houve espaço para avaliação de aspectos estratégicos de P&D naquele primeiro momento. A formação de competências e a construção de infra-estrutura de pesquisa são tarefas de médio e longo prazos, não devendo se basear apenas nas necessidades mais imediatas das concessionárias. Neste artigo pretende-se resgatar aspectos estratégicos da P&D elétrica nacional, comparando-se o panorama brasileiro com o panorama internacional.

## 2.0 - O PANORAMA BRASILEIRO

A estrutura nacional de P&D em energia elétrica está atualmente calcada nos agentes pertencentes a quatro grandes grupos: o primeiro é o grupo dos demandadores de P&D que por iniciativa própria ou em cumprimento à lei aportam recursos e contratam projetos, interna ou externamente à sua empresa ou grupo de empresas. O segundo grupo é o grupo dos executores que engloba centros e laboratórios de pesquisa originados ou pertencentes a empresas públicas ou estatais federais ou estaduais que realizam pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental; concessionárias que coordenam e mesmo parcialmente executam os projetos de interesse da empresa; universidades; institutos de pesquisa, centros e laboratórios de indústrias privadas que se dedicam a desenvolvimentos específicos, proprietários de soluções tecnológicas e produtos; as instituições privadas criadas para desenvolver projetos com recursos controlados pela ANEEL e ainda os centros de pesquisa estrangeiros, que vêm buscando se estabelecer no país. O terceiro grupo é o das instituições governamentais de pesquisa que apóiam, fomentam, administram e realizam programas de P&D (MCT, FINEP, CNPq, Fundos Setoriais) e finalmente o quarto e último grupo, que é o de fiscalização das aplicações de P&D feitas pelas concessionárias que têm a ANEEL como instituição responsável.

Existe uma preocupação estratégica que aflige mais ao grupo de executores, qual seja a de estarem preparados para desempenhar seus papéis, dispondo de competências e recursos laboratoriais à altura das demandas que surgirão das tendências tecnológicas. O futuro sucesso e a qualidade de todo o sistema nacional de P&D elétrica dependem de como saberemos vencer os desafios tecnológicos.

Com essa preocupação foi realizada uma pesquisa de identificação de tendências tecnológicas no setor de energia elétrica em 11 temas: Geração; Transmissão; Distribuição; Eficiência Energética e Conservação de Energia; Instrumentação, Automação, Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas Elétricos; Planejamento e Comercialização de Energia ; Meio Ambiente; Qualidade de Energia; Materiais Aplicados ao Setor Elétrico; Aplicações Computacionais; Recapacitação e Manutenção.

Segue-se um breve resumo do resultado dessa pesquisa com a indicação dos 3 temas eleitos como os de maior relevância pelos respondentes da pesquisa.

### Tema 1 – Geração de Energia Elétrica

Espera-se, nos próximos anos, uma diversificação mundial da matriz energética com especial desenvolvimento das fontes renováveis de energia. Em alguns países, onde se dispõe de gás natural, espera-se um aumento da geração termoelétrica utilizando-se este energético, em substituição ao carvão e outros combustíveis fósseis, ou como complementação de suas matrizes energéticas. Há países em que já se prevê um retorno à aplicação da geração nuclear, com base em novas exigências de segurança e de tratamento de resíduos radioativos. O desenvolvimento de tecnologias de geração mais eficientes e mais limpas, de menor impacto ambiental, deve merecer especial destaque, objetivando a ampliação da oferta e possibilitando a universalização do uso da energia. Outra tendência a se observar é a da geração distribuída, em que a geração aproxima-se do usuário final possibilitando maior eficiência no uso da energia elétrica. O Brasil não pode abrir mão do desenvolvimento da utilização de seu elevado potencial hidráulico, porém, para reduzir a dependência do seu sistema aos regimes hidrológicos, deverá implantar unidades de geração utilizando outros energéticos. O país possui também potencial para aplicação significativa de fontes alternativas de energia.

As três tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias para reduzir os custos de produção de energia das diversas fontes alternativas: solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, biomassa, PCHs
2. Desenvolvimento de modelos para a previsão de vazão aos reservatórios das usinas hidroelétricas com base em modelos climáticos e meteorológicos e levando-se em conta os usos múltiplos da água
3. Desenvolvimento de ferramentas para o planejamento otimizado da expansão e para operação otimizada do sistema interligado levando-se em conta a diversificação de tipos de fontes de geração

### Tema 2 – Transmissão de Energia Elétrica

O novo papel das redes de transmissão, associado aos requisitos mais severos do mercado em termos de qualidade do serviço, impõe um novo patamar de desempenho. Entretanto esses maiores requisitos podem ser compensados, no que se refere a custos, por desenvolvimentos já delineados em termos de melhor aproveitamento dos corredores de transmissão, nova arquitetura dos projetos, novos materiais e equipamentos, técnicas mais eficientes de operação e manutenção, extensão da vida útil das instalações e diversas outras linhas de pesquisa. Em adição aos requisitos acima mencionados, os aspectos ambientais relacionados a impacto visual, exposição a campos eletromagnéticos, limitação dos níveis de interferência, além da necessidade de abertura das faixas de passagem para a construção do sistema de transmissão vêm colocando restrições à implantação de novas instalações.

As três tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Melhor aproveitamento dos corredores de transmissão quer seja através da otimização do projeto de linhas de corrente alternada ou da introdução de equipamentos eletrônicos avançados
2. Aproveitamento da máxima capacidade e disponibilidade do sistema de transmissão pelo monitoramento de equipamentos e condições ambientais
3. Desenvolvimento das tecnologias de equipamentos e instalações com vistas ao aumento da confiabilidade global do sistema

#### Tema 3 – Distribuição de Energia Elétrica

O contexto a que está submetido o setor elétrico exigirá que as empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica ofereçam serviços com maior qualidade e com maior eficiência, e ofereçam novos serviços, para garantir maiores receitas com redução dos custos e conseqüentemente, aumento da sua competitividade.

As três tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Desenvolvimento de tecnologias para a redução de perdas comerciais e técnicas em redes de distribuição, incluindo tecnologias para redução de perdas em equipamentos, tal como transformador de distribuição de baixas perdas
2. Desenvolvimento de sistemas de medição inteligente e transmissão de dados de forma bidirecional para faturamento, controle e supervisão de sistemas de distribuição
3. Desenvolvimento de novas técnicas de planejamento de sistemas de distribuição, levando em consideração recursos como: funções de automação da rede e programas de conservação de energia para maximizar o uso das instalações existentes

É importante observar que essas três tecnologias foram apontadas pelos respondentes antes de entrar em vigor a Lei 10848/2004, que exige uma previsão de mercado bastante precisa por parte das concessionárias de distribuição. Após o referido marco legal inúmeras distribuidoras encomendaram desenvolvimentos de ferramentas de previsão de mercado aos agentes executores de P&D, o que, como tendência de curto prazo, poderia afetar o resultado da pesquisa de tendências tecnológicas.

#### Tema 4 – Eficiência Energética e Conservação de Energia

A atual escassez de recursos financeiros, associada à crescente importância dada à preservação ambiental, torna ainda maior o desafio de expansão do sistema, isto é, a colocação de novas usinas e grandes troncos de transmissão para atendimento da demanda. No que se refere ao uso final, a conservação de energia elétrica tem assumido um papel importante, como um dos instrumentos efetivos na diminuição do crescimento da demanda de energia elétrica. O momento atual exige das empresas uma postura de busca permanente da eficiência e redução de perdas tornando ainda maior a importância da continuação dos programas de Conservação de Energia e o Gerenciamento da Demanda.

Os três desenvolvimentos considerados mais prioritários foram:

1. Desenvolvimento de tecnologias para equipamentos, que permitam a redução de perdas na geração, transmissão e distribuição, com a conseqüente conservação de energia
2. Desenvolvimentos de tecnologias em gerenciamento energético para serem utilizados pelas concessionárias e indústrias
3. Desenvolvimento de tecnologias para o aumento da eficiência energética de equipamentos de uso final em todos os segmentos do mercado consumidor

#### Tema 5 – Instrumentação, Automação, Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas Elétricos

À medida que o porte dos sistemas de energia elétrica cresce, a complexidade de sua operação também aumenta e conseqüentemente sua dependência da automação. Cresce também a importância do desenvolvimento de novas técnicas voltadas para a instrumentação, automação, supervisão, controle e proteção de sistemas elétricos, ferramentas fundamentais de auxílio aos operadores.

As três tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Desenvolvimento de sistemas computacionais adequados ao monitoramento e diagnóstico do estado de equipamentos e sistemas elétricos
2. Desenvolvimento de sistemas inteligentes, tais como: sistemas especialistas, sistema para tratamento e análise de grandes massas de dados e sistemas para prevenir colapso no fornecimento através do ilhamento de cargas e geração
3. Desenvolvimento de sistemas de apoio ao treinamento dos responsáveis pela operação em tempo-real do sistema elétrico

#### Tema 6 – Planejamento e Comercialização de Energia

Considerada a evolução do novo modelo para o setor, em linha com os desenvolvimentos que se verificam em nível internacional, a entrega de energia englobando as funções de planejamento e comercialização no setor elétrico passa a ter um escopo muito mais amplo e complexo. As questões relacionadas com a entrega da energia elétrica ao consumidor, em diferentes níveis de tensão, num mercado crescentemente competitivo e com grande potencial de integração com outras fontes de energia são críticas.

As cinco tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Desenvolvimento de novas metodologias para o planejamento, considerando incertezas, e incluindo análise de riscos técnicos e financeiros, para suporte à tomada de decisão
2. Prospecção de novas metodologias de previsão de mercado, para suporte ao planejamento do sistema elétrico
3. Desenvolvimento de técnicas para previsão de carga, utilizando inteligência computacional, estimativa não-invasiva, etc
4. Desenvolvimento de novas técnicas e equipamentos de medição para flexibilidade na tarifação e comercialização
5. Desenvolvimento de técnicas e equipamentos que permitam agregar valor ao produto energia elétrica, tanto através de sua integração com outras fontes de energia ou serviços, como com tecnologias de outros setores

#### Tema 7 – Meio Ambiente

A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável traz um novo desafio para a expansão e operação dos sistemas elétricos, traduzido pelo reconhecimento de que a adoção de uma estratégia energética incorrerá na escolha de uma estratégia ambiental. A estratégia ambiental deve considerar a utilização dos recursos naturais e de fontes renováveis de energia e também visar a redução dos prováveis impactos associados a cada empreendimento e a internalização dos custos associados às ações de prevenção, mitigação e compensação. Neste sentido, nos últimos anos pôde ser constatado um avanço contínuo na postura do setor elétrico no encaminhamento das questões ambientais, passando de uma perspectiva reativa, que visava à mitigação dos impactos já deflagrados e o atendimento à legislação, para uma perspectiva pró-ativa e de longo prazo que considera a questão ambiental como variável do planejamento, incorporada ao processo decisório desde as etapas iniciais. Como conseqüência, devem ser definidos diretrizes e procedimentos que orientem a realização de estudos para o planejamento e projeto dos empreendimentos, dentro de uma concepção integrada, onde os aspectos técnicos, econômicos, energéticos são equacionados em conjunto com as questões ambientais, contribuindo assim para o desenvolvimento de projetos que atendam aos princípios da sustentabilidade. As tecnologias priorizadas se referem à interação entre as instalações de energia elétrica e o meio ambiente

As três tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Desenvolvimento de ferramental para subsidiar a análise de viabilidade e definição de melhor localização de projetos (linhas de transmissão, subestações e usinas térmicas), com base na tecnologia SIG (Sistemas de Informação Geográfica)
2. Desenvolvimento de ferramentas para a análise de impactos ambientais das instalações de energia elétrica
3. Desenvolvimento de metodologias para avaliar e mitigar os efeitos do ambiente nas instalações (descargas, ventos, corrosão, poluição, assoreamento de bacias, depósito de sedimentos, etc.)

#### Tema 8 – Qualidade de Energia

Os sistemas elétricos estão deixando de ser sistemas eletromecânicos e se transformando em sistemas eletroeletrônicos. Prevê-se que, em curto prazo, cerca de 50% da energia elétrica gerada será consumida por equipamentos eletrônicos. Essa transformação, que tem contribuído para o aumento da produtividade industrial e para o uso mais eficiente da energia elétrica, torna mais rígidos os requisitos de qualidade para a energia elétrica. Em função disso, ocorrências usuais no sistema elétrico, como energizações/desenergizações de linhas de transmissão, transformadores ou curtos-circuitos, podem ocasionar a parada de grandes unidades industriais. Soma-se também o fato que as cargas industriais, comerciais e até residenciais que se utilizam de eletrônica contribuem para o aumento da poluição do sistema elétrico.

Os três desenvolvimentos considerados mais prioritários foram:

1. Desenvolvimento de sistemas eficientes e de ação rápida para o controle de emergências nos sistemas de transmissão visando reduzir riscos de desligamentos em cascata. Desenvolvimento de metodologias para recomposição de sistemas após grandes distúrbios
2. Desenvolvimento de técnicas de ensaio e de certificação para garantir a qualidade de equipamentos utilizados na geração, transmissão e distribuição de energia
3. Desenvolvimento de ferramentas integradas a sistemas SCADA para acompanhamento da qualidade e com possibilidades de atuação sobre equipamentos ou condições da rede para a melhoria das condições de qualidade

#### Tema 9 – Materiais Aplicados ao Setor Elétrico

O desenvolvimento continuado de novas tecnologias aplicadas aos equipamentos e instalações do setor elétrico está associado à criação de novos materiais. Prevê-se desenvolvimento tecnológico intenso nas áreas de materiais supercondutores, com a conseqüente produção de equipamentos utilizando essa tecnologia, inclusive para sistemas de armazenamento de energia, materiais para altas temperaturas (aplicação em máquinas térmicas), materiais poliméricos, materiais para aplicação em painéis fotovoltaicos, materiais para aplicação em aerogeradores e na área de proteção anticorrosiva. Associa-se também ao desenvolvimento dos novos materiais o desenvolvimento de técnicas e laboratórios para sua avaliação e ensaios.

Os três desenvolvimentos apontados como os de maior relevância foram:

1. Desenvolvimento de técnicas de ensaio e de laboratórios para avaliação das características dos materiais
---

2. Desenvolvimentos de materiais para aplicação em equipamentos elétricos: materiais supercondutores, ligas metálicas, materiais cerâmicos, materiais poliméricos, materiais e ligas para aplicação em alta temperatura
3. Desenvolvimento de materiais de baixo impacto ambiental para utilização em sistemas elétricos e de materiais resistentes ao meio ambiente

#### Tema 10 – Aplicações Computacionais

A capacidade crescente dos recursos computacionais, aliada à redução constante de custos, estimula o desenvolvimento de modelos digitais cada vez mais complexos e detalhados, além de terem efeitos decisivos sobre a área de supervisão, proteção, medição, controle e planejamento. As tomadas de decisões baseadas em análise de cenários também são favorecidas pela maior capacidade computacional. As empresas do setor elétrico utilizam, para o planejamento da expansão e operação das suas redes, ferramentas computacionais pesadas, principalmente nas áreas de simulação, análise e controle. Na realidade a computação está hoje presente em todas as áreas do sistema de potência, tais como: geração, transmissão, distribuição, operação, manutenção dentre outras. Os sistemas de comunicação, hoje ferramentas indispensáveis ao sistema elétrico, estão fortemente associados ao uso intensivo de recursos computacionais.

Os três desenvolvimentos apontados como os de maior relevância foram:

1. Desenvolvimento de tecnologias e ferramentas computacionais baseadas no uso de inteligência computacional para a análise de grandes massas de dados na busca de novas soluções de problemas do setor
2. Desenvolvimento de tecnologias digitais de reconhecimento de padrões, aplicáveis aos processos de manutenção, operação e controle dos sistemas elétricos
3. Desenvolvimento de tecnologias digitais de apoio às tomadas de decisões

#### Tema 11 – Recapitação e Manutenção

A idade dos equipamentos do sistema elétrico brasileiro, o estado atual de carregamento dos sistemas, além do fato que as empresas são penalizadas por indisponibilidades imprevistas de equipamentos e instalações, leva à necessidade de se desenvolver tecnologias para recapitação, para melhor uso dos mesmos, e de metodologias para diagnóstico da condição operativa, de modo a se reduzir os riscos de saídas intempestivas de operação e otimização dos processos de manutenção.

As três tecnologias consideradas mais prioritárias foram:

1. Desenvolvimento de técnicas de monitoramento e de diagnóstico de equipamentos e instalações
2. Desenvolvimento de tecnologias para recapitação de usinas, linhas de transmissão e subestações
3. Desenvolvimento de técnicas para a extensão da vida útil dos equipamentos existentes, visando à postergação de investimentos

### 3.0 - O PANORAMA INTERNACIONAL

Estamos vivendo um momento singular no Setor Elétrico Internacional e conseqüentemente na sua P&D. Enquanto por um lado a Academia Nacional de Engenharia dos Estados Unidos (U.S. National Academy of Engineering) considera que os sistemas elétricos interligados foram a maior conquista de engenharia do Século XX, a questão estratégica que se coloca é:

“O sistema de potência que gera, transmite e distribui energia elétrica está destinado a evoluir e permanecer como a infra-estrutura crítica que dá suporte à sociedade digital do Século XXI ou será deixado para trás como uma relíquia industrial do século XX?”

Em outras palavras a sociedade vai investir na evolução tecnológica dos sistemas de potência ou apenas utilizar o estado atual de desenvolvimento tecnológico dos ativos existentes?

Se os gastos mundiais com P&D são indicadores de avanço tecnológico futuro, como tem sido amplamente aceito, então o desempenho mundial na área de energia é motivo de grande preocupação. Há indícios de que os investimentos em P&D no setor de energia têm caído em média no mundo, no período de 1985 a 2000 [3]. Nos Estados Unidos considera-se que aproximadamente 75% desta redução se deve a menores investimentos do setor privado, em especial nas áreas de combustíveis fósseis e nucleares. O mais preocupante é que seria razoável se esperar maiores esforços em energias renováveis, por exemplo, o que infelizmente não é verdade.

Segundo o Conselho Mundial de Energia (CME), poucos países como o Japão e a França continuam a investir intensamente em P&D na área nuclear. Por outro lado, o que é mais preocupante é que em quase todos os países, os gastos em P&D com eficiência energética e energias renováveis são relativamente baixos, considerando-se os desafios atuais e prováveis necessidades futuras.

Aponta-se como principais causas da redução de investimentos em P&D, a reestruturação da indústria de energia elétrica e a conseqüente necessidade de infra-estrutura competitiva para suportar a produtividade em curto prazo. Concomitantemente houve diminuição do suporte governamental em países onde ocorreram privatizações.

Os centros de pesquisa nacionais passaram de estruturas totalmente financiadas pelos governos, praticamente a fundo perdido, na década de 80, para instituições orientadas a resultados, como é o caso do Kema na Holanda, do CESI na Itália e do IREQ no Canadá. Os prazos dos projetos caíram em média de 5 para 2 anos, a escolha de projetos de P&D passou a ser muito mais criteriosa, sua execução mais controlada, os aportes financeiros passaram a ser por resultados e passou a haver um cuidado muito maior com a escolha de projetos estratégicos

de longo prazo. A maior parte das instituições sugere a utilização de fundos governamentais para dar suporte aos projetos estratégicos.

Em suma a P&D no setor de energia passou a ser uma preocupação global a ponto do CME fazer algumas recomendações à comunidade internacional, que se seguem de forma bastante resumida devido ao espaço aqui disponível:

R1: Os gastos com P&D em energia necessitam aumentar em quase todos os países do mundo para atingir mais rapidamente as metas de universalização dos serviços de energia e do desenvolvimento sustentado. Os governos e o setor privado, ambos precisam aumentar seus esforços nesse sentido. Os gastos estratégicos devem ser mais detalhados e cuidadosos para alcançar esses objetivos.

R2: As prioridades de P&D deverão privilegiar tecnologias que: a) aumentem a eficiência no fornecimento e no uso final de energia; b) promovam o desenvolvimento mais rápido de recursos locais de energia renovável de baixo impacto ambiental; c) respondam às preocupações públicas sobre as tecnologias nucleares e d) permitam o seqüestro de carbono.

Uma preocupação de todos em nível internacional é como melhor gastar os recursos de P&D, em particular os recursos estratégicos. As instituições de maior reconhecimento recomendam fazer um mapeamento e uma análise estratégica das tecnologias, avaliando a sua probabilidade de ocorrência e o seu impacto nas atividades das empresas do setor e do país.

Segue-se um maior detalhamento dos principais assuntos que vêm sendo objeto de P&D em energia elétrica no mundo assim como das questões centrais a serem respondidas.

#### Tema 1: A Revolução Digital

A indústria da eletricidade deverá ser radicalmente modificada para atender às necessidades e expectativas dos consumidores. Há necessidade de desenvolvimento de equipamentos avançados baseados em tecnologias digitais. Os consumidores desejam um maior controle no uso da energia. Prevê-se uma superinfra-estrutura integrada envolvendo suprimento de energia, telecomunicações, sistemas de informação, aquisição de dados, Internet, comércio eletrônico, etc. O medidor de energia tende a se transformar num portal bidirecional de fluxo de energia/comunicação.

#### Tema 2: Geração

Grande atenção têm sido dada à pequena capacidade de geração (1 kW até 50 MW) e/ou dispositivos para armazenamento de energia, tipicamente localizados próximos às cargas. Por mais conservador que seja o setor elétrico estas tecnologias já são realidade e deverão produzir grande impacto tanto nas redes como no próprio negócio de energia elétrica. Geralmente as soluções para atender a serviços que requerem energia com elevado padrão de qualidade são de alto custo.

Outra recomendação do Grupo de Desenvolvimento de Políticas Energéticas Nacionais dos Estados Unidos ao presidente daquele país foi o desenvolvimento das novas tecnologias de geração incluindo o hidrogênio e a fusão.

#### Tema 3: Transmissão

Os temas de maior relevância em transmissão são:

Redução dos custos de Operação e Manutenção: Melhorar a avaliação dos custos, dimensionar adequadamente a vida útil dos componentes, mitigar efeitos das vibrações nos cabos, melhorar serviços de inspeção, utilização mais intensiva de tecnologias de automação/supervisão digital etc.

Aumento da capacidade de transmissão das faixas de passagem: Repotencialização, linhas de maior capacidade de transporte, monitoração em tempo real (ampacidade), utilização de materiais com maior capacidade de condução, equipamentos de compensação série, etc.

Aumento da confiabilidade do sistema: Melhorar o desempenho das linhas de transmissão, novos projetos, novos materiais, etc..

Aumento da vida útil dos componentes: Corrosão de componentes, ferramentas para determinar a vida útil dos componentes, sistemas de monitoração, etc..

Melhoria das condições de trabalho em linha viva: Treinamento especializado, novos materiais e/ou equipamentos, melhores condições de trabalho, etc..

Redução dos impactos ambientais: Estudos ambientais, etc..

Uso múltiplo da faixa de passagem: Uso social, agricultura, etc..

Desenvolvimento de sistemas especializados para a inspeção das linhas de transmissão: Monitoração em tempo real das condições físicas das LTs.

#### Tema 4 – Redes Subterrâneas

Os principais tópicos dizem respeito a suas utilizações em áreas urbanas. As questões são semelhantes às das linhas aéreas, com as dificuldades adicionais inerentes às aplicações nas áreas urbanas e condições das instalações. Sistemas de monitoração, aumento da confiabilidade, sistemas de localização de falhas, prevenção de corrosão, etc..

#### Tema 5 – Sistemas de Armazenamento de Energia

Estão aqui incluídos sistemas com baterias avançadas, supercapacitores e sistemas baseados em supercondutividade. São objetos de investigação suas aplicações em sistemas de transmissão ou de distribuição,

absorção de picos de carga, sobrecargas no sistema ou correntes de falta, amortecimento de oscilações de energia durante transitórios e melhoria na qualidade da energia.

#### Tema 6 - Subestações

Neste tema são destaques a monitoração de equipamentos (transformadores, disjuntores, etc.), a melhoria das condições de manutenção; a concepção de novas ferramentas de projeto de subestações; a utilização de novos materiais; o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos limitadores de corrente de falta; técnicas e ferramentas de inspeção; sistemas baseados na supercondutividade para redução de perdas; cabos supercondutores para redes subterrâneas; dispositivos limitadores de correntes de falta e de armazenamento de energia.

#### Tema 7 – Supercondutividade

Os sistemas baseados na supercondutividade deverão reduzir drasticamente as perdas e melhorar a qualidade da energia através principalmente de cabos supercondutores para redes subterrâneas, dispositivos limitadores de correntes de falta e dispositivos para armazenamento de energia.

#### Tema 8 – Compatibilidade Eletromagnética

Com a utilização de técnicas e sistemas digitais as interferências eletromagnéticas em equipamentos de medição, proteção, supervisão e controle tomam papel de destaque na confiabilidade do sistema. O uso intensivo de equipamentos eletrônicos, conjugado com sistemas de potência de maior capacidade, contribui para aumentar os problemas de compatibilidade eletromagnética. Equipamentos de uso residencial, comercial ou industrial podem sofrer interferências eletromagnéticas, afetando sistemas importantes como transporte ferroviário, gasodutos, oleodutos ou sistemas de telecomunicações.

#### Tema 9 – Centros de Operação

As necessidades apontam para melhores ferramentas e/ou dispositivos de visualização das condições operativas do sistema em tempo real e software para as aplicações necessárias à operação mais segura e mais efetiva do sistema elétrico.

#### Tema 10 – Segurança de Dados

A indústria elétrica encontra-se mais automatizada e eletronicamente interligada. As informações e dados são adquiridos e enviados através de LANs (Local Area Networks) e de WANs (Wide Area Networks). É necessário investir nos requisitos de segurança associados a estes dados. As ameaças de ataque digital são cada vez mais significativas e os riscos cada vez maiores. Anteriormente as redes de comunicação eram basicamente internas e os sistemas de operação foram projetados para otimizar seu desempenho em detrimento da segurança, até porque sistemas abertos e mais amigáveis tendem a ser mais vulneráveis. Atualmente os sistemas são externos, muitos deles utilizam pacotes comerciais que têm requisitos de segurança baixos e há maior utilização da tecnologia wireless, mais vulnerável a interceptações. Todos esses ingredientes apontam para a necessidade de aumento da segurança dos dados.

#### Tema 11 – Sistemas de Comunicação

Os sistemas de distribuição encontram-se cada vez mais complexos e as áreas geográficas cada vez maiores. As exigências dos consumidores são cada vez mais significativas e grandes distúrbios têm impactos cada vez mais importantes para a imagem da empresa, além de sancionados por órgãos reguladores. É necessário que as distribuidoras estejam plenamente capacitadas para fazer frente de forma rápida e eficiente a estes eventos de grande porte. As distribuidoras devem estar preparadas com sistemas de proteção e de restauração de rede, bem como planos de emergência, meios e sistemas de comunicação adequados para esta finalidade

### 4.0 – ANÁLISE CRÍTICA

A situação da P&D elétrica nacional é curiosamente paradoxal. Vamos analisar 3 aspectos fundamentais, necessários mas não suficientes para o sucesso do desenvolvimento tecnológico do setor: o suporte financeiro à P&D; o temário que embasa os projetos de curto, médio e longos prazos, além dos projetos estratégicos e a ampliação / modernização da infra-estrutura de pesquisa com criação de competências e instalações laboratoriais. No que se refere ao suporte financeiro à P&D há fortes indicativos de que o setor nacional conseguiu criar, através da lei 9991, mecanismos de salvaguarda suficientemente bons quando comparados à fragilidade dos mecanismos internacionais “de mercado”, que tem pressionado para baixo a média das inversões em P&D no mundo. Por outro lado tal mecanismo só tem funcionado satisfatoriamente no que diz respeito aos recursos que são de aplicação direta das concessionárias e supervisionados pela ANEEL. A porção que seria destinada à pesquisa estratégica recolhida ao CT-Energ tem sido recursivamente contingenciada em atendimento a políticas governamentais. Estamos de parabéns pela metade, no entanto uma metade questionável, porque justamente a que está dando certo do ponto de vista de suporte financeiro tem priorizado projetos de curto prazo com temas voltados para atendimento às demandas mais imediatas das concessionárias. E onde estão as pesquisas estratégicas? Até mesmo a maioria dos projetos aprovados pelo CT-Energ reflete esforços isolados, quando o desejável seria uma estratégia setorial.

O temário a que chegamos na Pesquisa Delphi pelos formadores de opinião no Brasil está bastante aderente às tendências internacionais, guardadas as características do país, do seu sistema elétrico e do seu grau de desenvolvimento tecnológico em áreas específicas. As principais preocupações do CME como Eficiência Energética, Universalização dos Serviços de Energia e Energias Renováveis têm sido não só linhas de pesquisa

como programas de governo tais como o PROCEL, o Luz para Todos e o PROINFA. Na área de transmissão chegamos a temas como melhor aproveitamento dos corredores de transmissão e aumento da confiabilidade geral do sistema, também apontados como prioridade em nível internacional. Em distribuição os temas nacionais prioritários refletem as peculiaridades do país. A redução de perdas técnicas e comerciais, além de competência, passa por aspectos sociais e culturais peculiares de países em desenvolvimento, assim como aspectos de automação. A P&D em Qualidade de Energia num país com sistema de base hidráulica e longas linhas de transmissão também é assunto específico.

A P&D setorial estratégica é a que parece merecer maior atenção no momento. Existe praticamente um consenso internacional de que este tipo de P&D de longo prazo, baseada em projetos de fôlego, deveria ser orientada e incentivada em nível governamental. Enquanto o mundo se preocupa com o destino de cada unidade monetária a ser gasta em pesquisa estratégica pela escassez de recursos dessa natureza, nós, que temos a disponibilidade dos recursos, nos perguntamos: Quais são as nossas linhas de pesquisa estratégica e quais os nossos projetos setoriais de fôlego? Outro aspecto preocupante é o de formação de competências e criação/ modernização de instalações laboratoriais. Os nossos futuros pesquisadores deveriam estar sendo formados apenas pela necessidade de mão de obra oriunda das demandas de curto prazo das concessionárias (projetos ANEEL) ou complementarmente buscando especializações que em médio prazo viessem a vencer os desafios nacionais em energia elétrica? Como aplicar os recursos disponíveis em P&D para mudar definitivamente o patamar dos serviços de eletricidade do país? Que instalações laboratoriais serão necessárias para dar conta das pesquisas estratégicas? Ainda que claro não esteja quais sejam.

#### 5.0 – ESTRATÉGIAS DE P&D

A principal estratégia proposta é uma ação integrada, através da operação em rede de empresas do setor elétrico, centros de pesquisa, universidades e indústrias com objetivo de direcionar a pesquisa estratégica com recursos dos Fundos Setoriais. Há necessidade do seguinte conjunto de ações:

- 1 - Ampliação e atualização da pesquisa Delphi apresentada neste informe.
- 2 – Definição dos programas estratégicos de pesquisa do setor.
- 3 – Definição dos projetos que fariam parte desses programas de pesquisa.
- 4 - Definição dos recursos humanos e materiais necessários ao desenvolvimento dos projetos.
- 5 – Mapeamento das competências e instalações laboratoriais existentes.
- 6 – Identificação das carências de competências e de laboratórios.
- 7 – Distribuição, através de critérios previamente estabelecidos, dos projetos de cada programa de pesquisa sob coordenação de uma instituição responsável pelo programa, juntamente com os recursos necessários à complementação de competências e instalações laboratoriais. Nos critérios estariam consideradas as experiências prévias das equipes e as especificidades regionais das instituições.
- 8 – Estabelecimento de metas, resultados e sistemas de acompanhamento.
- 9 – Remoção de barreiras, principalmente as de caráter burocrático-institucionais, para utilização dos recursos dos Fundos Setoriais.

#### 6.0 - CONCLUSÕES

As principais conclusões a que se chegou neste informe são, em suma, as seguintes:

- 1 – Existe uma profunda mudança no ambiente da P&D elétrica em âmbito mundial com indícios de decréscimo de aportes ,fruto da reorganização da indústria de energia elétrica e da menor participação governamental.
- 2 – No momento de crise internacional para a P&D elétrica o Brasil conseguiu criar leis, normas e regulamentos capazes de assegurar salvaguardas de suporte financeiro e manter a infra-estrutura, potencialmente invertendo a sua posição relativa.
- 3 – O Brasil ainda não se encontra no patamar internacional de inversões em P&D no Setor Elétrico pelos contingenciamentos a que o CT-Energy tem estado, em termos efetivos, sujeito.
- 4 – A pesquisa Delphi de prospecção tecnológica realizada no Setor Elétrico revelou aderência às tendências internacionais, guardadas as especificidades do país.
- 5 – As aplicações em P&D feitas diretamente pelas concessionárias (projetos ANEEL) são consideradas casos de sucesso, mas em sua maioria estão direcionadas para as necessidades mais imediatas das concessionárias.
- 6 – Há um vazio no campo estratégico, nos projetos de natureza setorial, que necessita ser preenchido. Este vazio é o principal descompasso entre as tendências nacionais e as tendências mundiais na P&D elétrica.
- 7 – A atuação em rede coordenada com mapeamento de competências e infra-estrutura laboratorial é apontada como um dos caminhos de solução para a movimentação da P&D setorial estratégica.

#### 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CEPREL – Relatório da Pesquisa DELPHI de Identificação de Tendências Tecnológicas no Setor de Energia Elétrica – Dezembro de 2002.
- (2) IERE Round Table at Spring of R&D – Maio de 2003.
- (3) World Energy Council – Energy Technologies for the 21<sup>st</sup> Century – Relatório de Grupo de Estudo.