

Tarifas favorecidas — EGTD, Energia Garantida por Tempo Determinado e ESNG, Energia Sazonal Não Garantida — estão, desde então, incentivando o uso de energia elétrica na indústria como fonte de calor, substitutiva dos derivados de petróleo (Figura 3a). Os contratos da EGTD e da ESNG vigoram até 1986, quando duas outras modalidades de incentivo estão sendo estudadas e serão oferecidas aos consumidores. Em consequência dessa promoção e de um reaquecimento das atividades do setor industrial, o consumo de energia elétrica do país voltou a crescer, com altas taxas anuais (Figura 3b), trazendo uma expectativa de retomada da construção de usinas geradoras e, conseqüentemente, dos serviços de estudos e de projetos básicos e executivos.

Conclusões

- 1ª) a área de engenharia de estudos e projetos para o setor de hidroeletricidade está nacionalizada;
- 2ª) os grandes projetos para o futuro próximo são:
 - I — a transferência de grandes blocos de energia a longas distâncias, a partir da Região Norte;
 - II — a construção de PCH's e de usinas de baixa queda; e
 - III — a realização de estudos relativos aos efeitos ecológicos decorrentes de implantação de UHE's e ao "envelhecimento" das centrais mais antigas.

Para todos esses serviços, as empresas brasileiras de serviço de engenharia de projetos estão perfeitamente capacitadas, podendo ainda contratar serviços para o exterior.

Desenvolvimento tecnológico para o Setor Elétrico

JERZY LEPECKY
ACHER MOSSÉ

Jerzy Lepecky é diretor-executivo do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da ELETROBRÁS. Engenheiro civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, com cursos de extensão na Rensselaer Polytechnic Institute — Troy, EUA, e Massachusetts Institute of Technology, EUA.

Acher Mossé é diretor do Laboratório de Sistemas Elétricos do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica e professor da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi professor da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia na Universidade Federal do Rio de Janeiro e coordenador da Coppetec. Engenheiro mecânico e de produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, com mestrado (M.Sc) e doutorado (Ph.D) pela Universidade de Houston, Texas, nos Estados Unidos. É consultor da Financiadora de Estudos e Projetos — Finep e do Exército brasileiro, na área de administração de P & D.

Papel dos Órgãos de Pesquisa

Desde o início da implantação da energia elétrica no Brasil, no final do século passado, sucederam-se várias fases de dependência tecnológica do Setor Elétrico em relação aos países industrializados.

Nos primeiros tempos, tanto o projeto como os equipamentos, e mesmo a infra-estrutura para os empreendimentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica eram importados pelas companhias do Setor e as principais delas eram de origem estrangeira.

Na área de projeto e construção, o País é hoje virtualmente independente de tecnologia externa. As empresas de energia elétrica, na sua grande maioria pertencentes aos Governos Federal e Estaduais, apoiadas no "know-how" existente nas companhias de engenharia e consultoria, estão hoje capacitadas a executar quaisquer obras de interesse do Setor, inclusive usinas hidroelétricas do porte de Itaipu, com seus 12.600 MW de potência instalada.

Na área de equipamentos, o mesmo não se verifica. A indústria ligada ao Setor, cuja evolução se deu dentro de uma filosofia de substituição de importações

e não de tecnologia, é formada principalmente por filiais de grandes conglomerados europeus e norte-americanos. Como resultado natural desta evolução, os fabricantes de equipamentos elétricos no Brasil atuam de maneira semelhante às montadoras de veículos automotores, que basicamente executam no país projetos desenvolvidos em suas matrizes.

Dentro desse quadro, aparentemente não muito favorável ao desenvolvimento tecnológico nacional, existem, entretanto, muitas lacunas a serem preenchidas por tecnologia autóctone ou mesmo importada e adaptada para utilização em nosso país.

O crescimento e amadurecimento do Setor geraram um maior nível de exigência tecnológica em relação aos novos empreendimentos. Alguns destes, sem similar no exterior, vêm exigindo a união de esforços de estrangeiros e brasileiros para seu projeto e sua execução. Nesta última categoria situam-se a já citada Usina Hidroelétrica de Itaipu e a transmissão em corrente contínua de 6000 MW em ± 600 kV, desde Foz do Iguaçu, PR, até São Roque, SP, numa distância de aproximadamente 800 km.

Se nos países industrializados o crescimento do Setor Elétrico vem sendo amortecido por diversos fatores, no Brasil o potencial de crescimento desse Setor está praticamente inexplorado. A grande extensão territorial, as grandes distâncias entre os centros consumidores e as regiões de grande potencial de geração hidroelétrica, o crescimento do consumo a níveis da ordem de 12% a.a., a necessidade de fortalecer a interligação entre os diversos subsistemas regionais visando ao melhor aproveitamento de seus potenciais de geração e transmissão, tudo, enfim, conduz à previsão da continuação da expansão do Sistema Elétrico Brasileiro a um futuro próximo. A capacidade instalada no país, hoje em torno de 40 GW, deverá dobrar nos próximos 10 anos.

Os investimentos na distribuição de energia nos grandes centros urbanos deverão ser mantidos e mesmo ampliados, sob pena de uma grave deterioração na qualidade dos serviços prestados ao usuário final.

Por outro lado, um crescimento da ordem de 12% a.a. exige um nível de investimento, na geração e transmissão, provavelmente acima da capacidade atual do Setor e mesmo do país. Um programa nacional de conservação visa a levar o crescimento da demanda a níveis factíveis, mantendo o desenvolvimento econômico da Nação.

Paralelamente a este desenvolvimento da geração, transmissão, distribuição e conservação de energia elétrica, a época que atravessamos está profundamente marcada pelo desenvolvimento de novas tecnologias de aquisição, transmissão e processamento de informações, com potencial de utilização na operação dos sistemas elétricos. A automação de redes, subestações e usinas, bem como a implantação de um sistema nacional de supervisão e coordenação, criam importantes oportunidades de desenvolvimento de tecnologia no país.

No Brasil, a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico em energia elétrica eram, até bem pouco tempo, um privilégio da Universidade. Os institutos de pesquisas pertencentes aos Governos Federal e Estaduais, tais como o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), no âmbito do Ministério da Indústria e Comércio e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT de São Paulo, têm grande abrangência, cobrindo inúmeras áreas de interesse da indústria nacional, inclusive a da energia elétrica.

Mesmo os institutos tecnológicos que em âmbito estadual se dedicam à pesquisa exclusiva de energia elétrica, como o Instituto de Eletrotécnica da Universidade de São Paulo, tiveram uma ênfase na execução de ensaios para os fabricantes de equipamentos elétricos e outros serviços, ficando relativamente distantes dos problemas específicos das empresas do Setor.

A Universidade, por sua vez, premida pela falta de recursos provenientes do Ministério da Educação para manutenção de seus programas de ensino, acolheu com entusiasmo o incremento da atividade de pesquisa, promovido nos cursos de pós-graduação propiciados pelos recursos de novas fontes, tais como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) e, posteriormente, a Financiadora de Estudos e Projetos a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) da Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), Principal fonte de financiamento das atividades de P & D no país.

O surgimento e crescimento dos cur-

sos de pós-graduação no Brasil, apesar de constituir importante fonte de mão-de-obra especializada, não resolveu o problema de pesquisa de interesse do Setor.

Em 1971, reconhecendo os pontos acima mencionados e o grande potencial de desenvolvimento tecnológico representado pelas empresas do seu Ministério, o Prof. Antônio Dias Leite, então Ministro das Minas e Energia, determinou a criação de centros de pesquisas setoriais ligados àquelas empresas. Já existiam na ocasião, no âmbito do MME, alguns centros ligados ao Setor de Energia Nuclear, como o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES), da PETROBRÁS, este desde 1954.

Junto à ELETROBRÁS foi criado o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), que iniciou efetivamente suas atividades em 1974, com a missão de criar uma infra-estrutura científica e de pesquisa, visando ao desenvolvimento no país de moderna tecnologia nas áreas de equipamentos e sistemas elétricos.

Experiência Estrangeira

As primeiras instituições de pesquisa tecnológica organizada remontam ao início do século XIX, na Alemanha, onde foram iniciados esforços sistemáticos de pesquisa nas áreas de agricultura e, em seguida, de química industrial, para produção de corantes sintéticos. Rapidamente, instituições semelhantes surgiram em todos os países industrializados da época. Nos Estados Unidos, os laboratórios de Edison, instalados em Menlo Park, New Jersey, são considerados o paradigma das organizações de pesquisa e desenvolvimento dedicadas à criação de inovação tecnológica industrial.

Essas instituições eram geralmente ligadas a uma determinada área de atividade através de uma indústria ou grupo de indústrias. Às vezes, como no caso dos laboratórios de Edison, a instituição era a precursora de uma indústria. Em outros casos, especialmente na Alemanha, a pesquisa tecnológica evoluía a partir das universidades, com o estabelecimento de institutos especializados. Também especialistas individuais estabeleciam laboratórios de consultoria que atendiam às necessidades da agricultura e indústria. As grandes empresas industriais, por sua vez, passaram a implantar as suas próprias atividades de pesquisa e, bastante cedo, nesta evolução, os governos estenderam o seu apoio à formação de instituições de amplitude nacional.

Os centros de pesquisa de energia elétrica são, portanto, uma subclasse do universo dos centros de pesquisa industrial existentes no mundo. A presença de tais centros num país é importante para o seu desenvolvimento industrial, e os centros ligados às concessionárias de energia elétrica, pela importância econômica do Setor, podem exercer uma influência especial. Incluímos aqui os centros ligados a uma concessionária destacada entre muitas que operam num país, mas é evidente que importância maior possuem as instituições implantadas junto à concessionária única (exemplificadamente, o caso da França e da Itália), junto a "holding" estatal (caso do Brasil) ou, ainda, junto à associação de um conjunto expressivo de concessionárias (caso dos Estados Unidos, onde o Electric Power Research Institute, EPRI, foi fundado e é mantido por cerca de 500 empresas particulares e públicas, correspondendo a 70% da geração de energia elétrica do país).

A 17 de outubro de 1878 foi fundada nos Estados Unidos a Edison Electric Light Company. A sua principal finalidade era obter fundos para o programa de pesquisa necessário ao desenvolvimento da iluminação elétrica. As patentes básicas foram solicitadas por Edison um ano depois. Assim surgiu a indústria de eletricidade — antes mesmo da sua concretização, a pesquisa já era fundamental. Em 1879 estavam surgindo os dois ramos da indústria elétrica: o manufatureiro e o de serviços. Durante vários anos estes dois ramos estiveram estreitamente ligados e em particular toda a tecnologia provinha dos fabricantes. Eram os anos em que foram criados e desenvolvidos equipamentos que constituíram a base do sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Simultaneamente surgiam os problemas ligados à operação em paralelo dos alternadores, à transmissão elétrica a distâncias cada vez maiores, à proteção contra as descargas elétricas, etc. Todos esses problemas eram estudados e resolvidos pelos fabricantes que desenvolviam, inclusive, métodos de abordagem e sistemas de cálculo matemático necessários para a solução dessas questões completamente novas. Isto ocorreu basicamente nos Estados Unidos onde a descendente direta da companhia de Edison, a General Electric, e a firma do outro pioneiro da indústria de eletricidade, George Westinghouse, eram as principais responsáveis por esse desenvolvimento tecnológico. Na Alemanha, a firma de

Werner von Siemens (que também foi um dos grandes acionistas da General Electric) teve um papel semelhante. Outros países da Europa, suficientemente industrializados, procuraram obter a nova tecnologia através de firmas subsidiárias das três grandes ou, em alguns casos, procurando desenvolvimento mais autônomo.

Gradativamente, as necessidades tecnológicas das concessionárias como um todo tornaram-se mais complexas e nem sempre convergiam com os problemas dos fabricantes. Por outro lado, estes últimos diversificaram muito as suas atividades, perdendo um pouco o interesse nos assuntos das concessionárias. Também, com o surgimento de muitos outros produtores e a diversificação dos equipamentos utilizados pelas empresas de eletricidade, tornou-se necessário o exercício de uma coordenação técnica por parte destas últimas.

Assim estas empresas, especialmente as situadas na Europa, passaram a envolver-se cada vez mais nos aspectos tecnológicos das suas atividades. Ainda antes da segunda guerra mundial começaram a surgir idéias a respeito da necessidade de organizar-se a pesquisa dentro das empresas, mas foi basicamente no período imediatamente após aquele conflito que tais idéias passaram a se concretizar. Um poderoso estímulo para isso foram as condições em que ficaram os sistemas elétricos no continente Europeu — quando não destruídos pela guerra, os sistemas operavam com equipamentos nos limites das suas possibilidades, por falta de manutenção e peças de reposição. Além do mais, iniciou-se a fase de formação de grandes sistemas interligados nacionais a partir da integração dos pequenos sistemas em operação em cada país. Isto ocorreu tanto na Europa (especialmente na França e Itália, com a nacionalização da indústria de geração e distribuição), como nos Estados Unidos, onde os sistemas eram e continuam sendo, em grande maioria, particulares.

Começaram então a ser instalados centros tecnológicos ou de pesquisas, implementados pelas concessionárias, freqüentemente em conjunto com os fabricantes. Os protótipos de tais centros são as instalações da Electricité de France (EdF), em Fontenay, implantadas pela então recém-criada Diretoria de Estudos e Pesquisas, em 1946, e o Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano Giacinto Motta (CESI) surgido em 1956. Ambos estes centros na época

pertenciam em 50% aos fabricantes de equipamentos.

Hoje entre os centros mais conhecidos podemos citar, além dos mencionados, o Renardières (centro mais novo da EdF), o IREQ (Institut de Recherche de l'Hydro-Québec), no Canadá, e o CRIEPI (Central Research Institute of Electric Power Industries), no Japão.

O KEMA (N.V. Tot Keuring Van Elektrotechnische Materialen), na Holanda, é uma das poucas instituições formadas bem antes da Segunda Guerra, sendo hoje uma instituição tradicional e respeitada em extensão internacional, especialmente na área de ensaios de alta potência.

Entre as instituições de pesquisa ligadas diretamente à estrutura administrativa da concessionária, podemos citar a Divisão de Pesquisa do Ontário Hydro do Canada, implantada em 1912.

Em 1974 foi criado nos Estados Unidos o EPRI (Electric Power Research Institute). Fundado e mantido pela maioria das concessionárias americanas (particulares e governamentais), esse centro se destina a coordenar, incentivar e financiar pesquisas na área de energia elétrica, sem executá-las internamente, utilizando apenas a enorme capacidade tecnológica existente naquele país.

Na América Latina estão instalados o IIE (Instituto de Investigaciones Electricas), ligado à Comision Federal de Electricidad no México, o CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), no Brasil, ligado à ELETROBRAS, e o LAC (Laboratório Central de Eletricidade), ligado à Companhia Paranaense de Energia (COPEL) e à Universidade do Paraná. Este último, tendo contado com a colaboração do CEPEL para o seu desenvolvimento, inclusive quanto ao projeto de suas instalações físicas, representa um importante pólo de desenvolvimento industrial na região Sul do país.

A principal finalidade desses centros é a de atender às necessidades tecnológicas das concessionárias, como descrito atrás. Entretanto, é óbvio que o apoio aos fabricantes locais é decorrência natural dessa missão primeira, e a atividade dos centros se expande naturalmente para esta nova fase. As oportunidades para uma real cooperação entre concessionárias e fabricantes são muitas, e esta cooperação, quando bem explorada, à luz de uma política global de incentivos, pode produzir resultados concretos de grande valor. Uma terceira fase, que surge mais ou menos naturalmente, é o envolvimento dos centros no campo de ex-

portação de tecnologia — tanto sob forma de bens de capital, como de serviços. Isso porque os equipamentos destinados à exportação sofrem geralmente exigências mais severas, e a presença próxima de uma instituição que execute os ensaios e coopere no desenvolvimento de protótipos torna mais fácil o cumprimento de tais condições. Por outro lado, os prestadores de serviços técnicos freqüentemente necessitam de um apoio tecnológico sob forma de laboratórios de várias especialidades, modelos reduzidos, ferramental matemático, etc. Os próprios centros executam testes e prestam consultoria a clientes de outros países.

CEPEL — Programas e Realizações

Para a consecução dos objetivos anteriormente mencionados — atendimento das necessidades tecnológicas das concessionárias, apoio aos fabricantes nacionais, apoio à exportação de bens e serviços e desenvolvimento tecnológico autóctone — o Cepel dispõe de modernas instalações de pesquisas e ensaios, comparáveis àquelas encontradas nas entidades congêneres da Europa e da América do Norte. Essas instalações estão localizadas em dois complexos laboratoriais: o Laboratório de Sistemas Elétricos (LSE), no "campus" da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e o Laboratório de Equipamentos Elétricos (LEE), próximo à subestação de Adrianópolis (FURNAS), município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro.

No Laboratório de Sistemas Elétricos (LSE) estão situadas as instalações destinadas à pesquisa de materiais, sistemas elétricos e eletrônica aplicada, que incluem um moderno simulador de corrente contínua, um analisador de transitórios de rede (TNA) e amplos recursos para pesquisa em materiais dielétricos, mecânica aplicada e corrosão.

As instalações destinadas à pesquisa em alta tensão e alta potência estão localizadas no LEE e incluem, entre outras: área interna para ensaios dielétricos de equipamentos com tensão de serviço de até 800 kV, área externa para ensaios de equipamentos de até 1500 kV, área de ensaios em altas correntes para até 1000 MVA. Recentemente foi inaugurada uma grande câmara de poluição que possibilita a realização de ensaios dielétricos sob condições de neblina limpa ou salgada, simulantes de ambientes marítimos ou sujeitos à poluição industrial.

TABELA 1

**CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA
PROGRAMAS DE P & D POR ÁREA DE APLICAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO**

ÁREAS DE P&D APLICAÇÕES	MATERIAIS	SISTEMAS	ELETRÔNICA	ALTA TENSÃO	ALTA CORRENTE
TRANSMISSÃO – Aérea	Camadas Protetoras Corrosão Atmosf.	Compensadores Estáticos	Sistemas e Equip. de Med. e Proteção de Subestações	Corona, Campo Elétrico e Campo Magnético	
	Corrosão de Metais pelo Solo	Análise de Transistórios Eletromagnéticos	Válvulas de Tiristores	Isolamento Externo em Atmos. Poluída e não-Poluídas	
	Dielétricos Sólidos e Fluídos Estruturas	Estudos de Sistemas de Corr. Contínua		Coordenação de Isolamento Otimização de Condutores Parâmetros Meteorológicos Dimensionamento de LTs	
	Vibração em Linhas de Transmissão Soldagem e Ensaios Não-Destrutivos Comportamento Mec. de Mat. Metálicos				
– Subterrânea	Dielétricos Sólidos Dielétricos Fluídos				
DISTRIBUIÇÃO	Camadas Protetoras	Planejamento de Redes	Sists. de Automação de Redes de Distribuição		
	Corrosão Atmosf.	Previsão de Carga	Sists. e Equip. p/Controle de Tarifa e Demanda		
	Corrosão de Metais pelo Solo Dielétricos Sólidos Dielétricos Fluídos Estruturas Soldagem e Ensaios Não-Destrutivos Comportamento Mec. de Mat. Metálicos				
GERAÇÃO	Corr. em Centrais de Geração	Testes e Determ. de Parâmetros de Geradores e Sist. de Excitação	Sists. de Superv. e Controle de Usinas		
	Vibração em Máqs. Rotativas Soldagem e Ensaios Não-Destrutivos Comportamento Mec. de Mat. Metálicos	Controle de Cheias Modelo Estocástico de Vazões Diárias Aproveitamento Múltiplo de Recursos Hídricos Projeto Hidrológico de Vertedores Modelagem Estocást. de Séries Hidrológicas Previsão de Vazões Afluentes a um Sistema de Reservatórios			
OPERAÇÃO DE SISTEMAS		Progrs. de Aplicação para Centros de Oper. de Sistemas Impl. de Funções no CSC da ELETROBRÁS	Centros de Superv. e Contr. de Sists. de Transmissão		

(Continua na página seguinte)

TABELA 1 (Cont.)

ÁREAS DE P&D APLICAÇÕES	MATERIAIS	SISTEMAS	ELETRÔNICA	ALTA TENSÃO	ALTA CORRENTE
		Alterns. p/Oper. Seg. do Sist. Elétrico Monitor. do Est. de Op. do Sistema			
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS		Oper. a Curto Prazo Operação Ótima de Sist. Hidrotérmicos Pré-Despacho com Restriç. Elétricas Fluxo de Potência Ótimo Confiabilidade da Geração Confiabilidade da Transmissão Plan. da Expansão de Sistemas de Transmissão Avaliação da Estabilidade de Sist. de Potência Ressonância Subsíncrona Desenvolvimento de Equiv. Dinâmicos Oscil. Eletromec. Pouco Amortecidas em Sistemas de Grande Porte Oper. e Aperf. do TNA do CEPEL Reatores Contr. a Tiristores Simulador de Corrente Contínua Suporte a Estudos Plan. e Operação de Sists. CA/CC			
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	Estudos em Eletrodomésticos Lâmpadas e Dispositivos de Iluminação Otimização de Resistências p/ Aquec. Industrial				
INFRA-ESTRUTURA DE APOIO A PESQUISA (1)	Laboratório de Ensaios Mecânicos Química Analítica Câmara de Envelhecimento de Dielétricos Laboratórios de Metalografia Laboratório de Análise de Óleos Laboratórios de Estudos de Corrosão Hall de Ensaios de Descargas Parciais	Simulador de Corrente Contínua Analisador de Transistórios (TNA)	Laboratório para Ensaios em Sists. de Proteção Laboratório de Desenvolv. de Microinformática Laboratório de Microeletrônica Laboratório de Sistemas de Comunicação Laboratório de Sistemas de Informação Laboratório de Eletrônica de Potência	Câmara de Poluição Área de Ensaios Dielét. Externos Gaiola e Linha Experimental Laboratório de Equip. a Prova de Explosão Técnicas Gerais de Ensaios e Medições em Alta Tensão.	Área de Ensaios de Alta Corrente Área de Ensaios de Média Potência Fonte Sintética Técnicas Gerais e Ensaios e Medições em Alta Potência.
TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS	Refrigeração Tubos de Calor			Tecnol. de Equip. de Alta Tensão	Tecnol. de Equip. de Alta Potência

(1) - Instalações de ensaios no LEE e laboratórios de suporte a pesquisa no LSE (parte)

A Tabela 1 mostra uma relação parcial dos programas de pesquisa e desenvolvimento do CEPEL, por área de aplicação no Setor Elétrico. Na sua maioria, são programas de longa duração que compreendem praticamente o universo das atividades das concessionárias e a montagem de uma infra-estrutura de apoio à fabricação de equipamentos e instalações elétricas.

O desenvolvimento do CEPEL, desde sua criação, está intimamente ligado às necessidades do Setor Elétrico brasileiro cujo atual estágio de desenvolvimento já reflete alguns dos melhoramentos obtidos nos equipamentos e instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como na metodologia de planejamento e operação do Sistema Elétrico Brasileiro.

O LEE vem se afirmando como fundamental no apoio à indústria nacional e na melhoria da qualidade dos nossos produtos, o que traz como consequência o aumento da confiabilidade e redução do custo dos serviços prestados pelas concessionárias. Desde o início de sua operação foram realizados inúmeros ensaios para uma extensa lista de fabricantes de equipamentos.

Dentre os trabalhos de P & D nas áreas de alta tensão e alta potência, destacam-se a nacionalização e a melhoria da qualidade dos blocos de resistores não-lineares de carbureto de silício e de óxido de zinco, e a participação do CEPEL no desenvolvimento de chaves seccionadoras em extra-alta tensão (500 e 800 kV), cujos ensaios não eram passíveis de realização até então no Brasil.

O trabalho com os pára-raios de carbureto de silício e óxido de zinco visa a proporcionar competitividade à indústria nacional em um mercado estimado em US\$ 300 milhões até o ano 2000.

A fabricação pela Lorenzetti S.A. de 31 chaves de 800 kV, para a primeira etapa da transmissão de energia de Itaipu, representou uma economia de divisas da ordem de US\$ 2 milhões, além de proporcionar aumento de empregos diretos e indiretos no país.

As instalações do LEE na área de alta potência são únicas no gênero na América do Sul e prestam relevantes serviços ao Setor. Desde o início de sua operação, em 1981, as áreas que compõem este complexo estão sendo utilizadas sob a pressão de uma grande demanda reprimida, que vem preenchendo a disponibilidade de ensaios com a antecedência constante de 6 meses.

Na pesquisa em linhas e subestações

a preocupação sempre presente é com o desenvolvimento de projetos mais econômicos, assim como com a exploração mais racional das instalações já existentes. Dentro deste contexto destacam-se o projeto de linhas aéreas compactas, a elaboração de mapas climáticos e o levantamento e tratamento de dados meteorológicos em bases estatísticas para subsidiar o dimensionamento estrutural das instalações de transmissão.

Um amplo programa foi desenvolvido em colaboração com a ELETROBRAS na área de sistemas elétricos, do qual se destaca o desenvolvimento do modelo de operação de sistemas hidrotermoelétricos, utilizando-se programação dinâmica e estocástica, em uso no GCOI desde 1979. Uma avaliação dos efeitos de sua utilização durante 5 anos de operação do sistema elétrico (1979-1984) indicou uma economia real, em combustíveis líquidos, de cerca de 300 milhões de dólares nos últimos 5 anos, em relação ao processo tradicional de operação por "curva limite".

O desenvolvimento de estudos na área de hidrologia resultou, entre outros projetos, na elaboração de um "Guia para Projeto de Vertedouros de Usinas Hidroelétricas", também em conjunto com a ELETROBRAS.

Na área de controle do Sistema Elétrico em tempo real, o grupo criado para desenvolver capacitação no país para a produção de "software" de aplicações nos centros de controle vem trabalhando, em cooperação com as empresas, desde 1976, no desenvolvimento dos programas de aplicação elétrica e energética destinados ao Sistema Nacional de Supervisão e Coordenação da Operação (SINSC). O grupo elaborou um conjunto de programas computacionais básicos de análise de redes elétricas, hoje utilizados pela ELETROBRAS, FURNAS, ELETROSUL, CEMIG, COPEL, CEEE e LIGHT.

A Divisão de Simulação de Redes Elétricas (DVSR) surgiu, no CEPEL, em decorrência da política do Setor Elétrico voltada para concentrar aqui equipamentos e tecnologia apropriados à realização de estudos de transitórios em redes de corrente alternada e de corrente contínua. Nesse sentido, FURNAS instalou no CEPEL um Simulador de Corrente Contínua de grande porte, que hoje propicia estudos de comissionamento do sistema de Itaipu e no futuro poderá ser utilizado nos estudos de transmissão da Região Amazônica. A Companhia HidroElétrica do São Fran-

cisco (CHESF), por sua vez, diante da necessidade de introduzir a compensação estática de reativos em suas linhas de transmissão, instalou no CEPEL um modelo de compensador estático adequado para, juntamente com o analisador de transitórios (TNA), executar estudos de sua rede e de outras com características semelhantes. Estando com essa área bem equipada, o CEPEL pode hoje competir no mercado internacional, mediante prestação de serviços a concessionárias e fabricantes do exterior.

O projeto de desenvolvimento de óleo parafínico isolante, feito em conjunto com a PETROBRAS, visa à nacionalização desse insumo, cuja demanda, no Brasil, de importância estratégica para a segurança do setor, é da ordem de 25 milhões de litros, para o período de 1978 a 1980.

No que diz respeito ao apoio aos usuários, sobressai o fato do CEPEL ter sido o primeiro laboratório credenciado pelo Inmetro para verificar a conformidade às normas brasileiras de interruptores, plugues e tomadas de uso doméstico. Recentemente colocou-se em operação o laboratório para avaliação do consumo de energia elétrica de refrigeradores — instalação também credenciada pelo INMETRO.

Na área de Materiais desenvolve-se também um amplo programa de proteção anticorrosiva que apresenta diversos resultados práticos, já tendo proporcionado grande economia às concessionárias.

O CEPEL teve participação importante no desenvolvimento de isoladores de vidro para a linha de transmissão em corrente contínua de Itaipu, trabalho de grande desafio tecnológico que significou, na época, além de outras vantagens, um crescimento de empregos da ordem de 15% junto aos fabricantes nacionais, acompanhado de uma economia de divisas da ordem de 11 milhões de dólares.

Uma das áreas do Centro que desde o início se mostrou altamente promissora foi a eletrônica, onde inúmeros resultados concretos foram alcançados. Junto com FURNAS foi desenvolvido um protótipo de terminal remoto de aquisição de dados de moderna tecnologia, hoje produzido comercialmente pela indústria eletrônica Microlab e já em ampla utilização nas empresas do Setor Elétrico (mais de 150 unidades vendidas). A partir desse projeto pioneiro foram desenvolvidos outros, tais como o Centro de Operação Regional (COR), também em conjunto com FURNAS depois trans-

ferido para as indústrias PRÓLOGO e COMSIP, o Centro de Operação do Sistema (COS), com a LIGHT, e o Centro de Supervisão de Usinas (CSU), com a Eletrosul. Outro projeto importante na área de eletrônica foi o do Medidor e Registrador de Energia e Demanda, destinada a viabilizar a implantação da tarifa diferenciada no Brasil.

O CEPEL desenvolve uma atividade importante de intercâmbio internacional, além de prestar serviços a outros países, em apoio à política de exportação de bens e serviços do Brasil. Destacam-se os convênios de intercâmbio de informações e complementação de recursos laboratoriais firmado pelo CEPEL com entidades congêneres no exterior, tais como o IREQ (Canadá); CESI (Itália); IIE (México); EPRI (Estados Unidos); CRIEPI (Japão); KEMA (Holanda) e os contratos de venda de serviços assinados com o EPRI, nos Estados Unidos e com a Siemens, na Alemanha, entre outros.

O balanço energético nacional: o papel da energia elétrica

PÉRICLES AMORIM FIGUEIREDO

Engenheiro da ELETROBRAS. Formado pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Pernambuco, como engenheiro mecânico, tem curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Foi secretário de Tecnologia do Ministério das Minas e Energia e coordenou o Comitê de Balanço Energético Nacional e o Comitê de Informações Tecnológicas, no âmbito do MME.

O Balanço Energético Nacional (BEN), editado anualmente pelo Ministério das Minas e Energia, apresenta de forma sistemática uma contabilização dos fluxos energéticos no país, evidenciando as relações entre a oferta e a demanda de energia.

Como tal, envolve certas convenções, pelas quais são apropriadas as quantidades de energia, e dentre estas está a extensão da cadeia energética que se pretende mostrar.

Nas versões correntes do BEN, por exemplo, ainda não são computados os rendimentos dos equipamentos de consumo final, segundo os quais uma determinada forma de energia, como a eletricidade, diesel, álcool, etc., é convertida em energia útil.

Nesse sentido, foi recentemente publicado, pelo Ministério, um Balanço de Energia Útil para o ano de 1983, com base num estudo preliminar realizado pela FDTE (Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Energia).

Assim, têm-se os seguintes conceitos para o consumo de energia:

- consumo de energia útil — energia efetivamente convertida em força motriz, calor de processo, iluminação, aquecimento direto, eletroquímica, etc.;

- consumo final energético — destinação para fins energéticos de derivados de petróleo, eletricidade, lenha, carvão vegetal, carvão mineral, etc.;

- consumo final — igual ao consumo final energético mais a quantidade de energia contida em produtos que são utilizados em diferentes setores para fins não energéticos (ex.: uso da nafta na petroquímica);

- energia para transformação — produtos energéticos na forma provida pela natureza (petróleo, hidráulico, cana-de-açúcar, lenha), que através de um Centro de Transformação (destilaria, hidrelétrica, refinaria, etc.) são transformados em formas mais adequadas para manuseio.

Outra convenção utilizada diz respeito às equivalências entre as formas de energia. Na elaboração do BEN é adotada como unidade padrão a "tonelada equivalente de petróleo — TEP". Então, um energético, como a eletricidade, é medido em termos da quantidade equivalente ao derivado de petróleo necessário para gerar aquela mesma quantidade de eletricidade. Existem outras convenções e uma delas é a de se considerar o conceito teórico de equivalência calórica, segundo a qual se contabilizam as formas de energia pelo calor que elas sejam capazes de gerar, diretamente pela queima, ou indiretamente, através do uso de algum dispositivo de transformação.

Referidas convenções não são escolhidas arbitrariamente, mas são decorrência da realidade que se deseja evidenciar. Assim, por exemplo, o BEN mostra, de uma forma apropriada, a quantidade de petróleo adicional que se deveria produzir caso se estivesse que gerar a eletricidade exclusivamente à base de derivados de petróleo. Já o emprego do Balanço de Energia Útil é mais indicado para mostrar o esforço necessário para substituição do consumo de petróleo por, exemplificando, hidreletricidade.

Finalmente, ao se fazer uma análise global de uma série de Balanços Energéticos, deve-se entender que as mudanças no comportamento tanto podem ser consequência das mudanças nos níveis das atividades econômicas quanto das mudanças estruturais do Setor Energético.

I. Evolução Global do Consumo Final Energético

De acordo com a metodologia empregada no Balanço Energético Nacional (BEN), o consumo final energético no país teve o seguinte comportamento: