

Perspectivas da energia elétrica

ANTONIO CARLOS TATIT HOLTZ

Diretor de Planejamento e Engenharia da ELEKTROBRÁS. É presidente da Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos, vice-presidente do Comitê Brasileiro de Grandes Barragens, secretário-executivo do Comitê Nacional Brasileiro da Conferência Mundial de Energia.

1. Energia e Desenvolvimento Econômico e Social

A História da Humanidade é normalmente dividida em períodos, tendo como marcos divisórios importantes acontecimentos políticos, religiosos ou tecnológicos, como a expansão do Império Romano, o nascimento de Cristo, a invenção da bússola e da imprensa, etc., que influíram de modo significativo para a mudança dos hábitos de vida das pessoas.

No que concerne ao desenvolvimento econômico-social e conseqüente melhoria do bem-estar e do padrão de vida da população, verifica-se que as grandes mudanças ocorridas até agora estão ligadas a inovações tecnológicas que permitiram ao homem usar, em seu benefício, quantidades cada vez maiores de ener-

gia, especialmente para produção de força motriz, em substituição ao trabalho humano ou animal.

A relação entre o desenvolvimento sócio-econômico e o uso da energia pode ser compreendida de uma maneira simples através do Quadro 1, o qual indica os níveis de consumo de energia per capita nos países industrializados em três estágios significativos de sua evolução.

A evolução das formas predominantes de energia utilizadas pelo homem para atender suas necessidades energéticas fundamentais, sob a forma de trabalho mecânico, calor, transporte e iluminação, está resumida no Quadro 2, apresentado adiante.

Pode-se observar que, durante muitos séculos, a fonte principal de energia para a produção de luz, bem como de calor para todos os fins, foram os combustíveis derivados da biomassa, representados pela lenha, carvão vegetal e óleos vegetais ou animais, a menos de utilizações eventuais de carvão mineral ou mesmo de petróleo que aflorava em certos lugares.

No que concerne à força motriz utilizada em operações industriais ou domésticas, a energia muscular humana (escravos) ou animal foi, durante muito tempo, a principal alternativa disponível, embora sejam bastante antigas as pri-

meiras instalações de aproveitamento de energia hidráulica (rodas d'água) e de energia eólica que acionavam, diretamente, máquinas de beneficiamento agrícola (moinhos de trigo, mandioca, cana-de-açúcar, etc.) ou de recalque de água.

No século XIX, com a invenção da máquina a vapor, teve início a chamada era industrial, que, ao ampliar e intensificar as atividades econômicas, provocou grandes transformações nos hábitos de vida da humanidade, principalmente por possibilitar a substituição do trabalho muscular pela força motriz obtida da queima de combustíveis, tanto para a produção industrial como para o transporte terrestre. Durante essa fase, a fonte predominante de energia foi o carvão mineral, cuja exploração em larga escala permitiu o crescimento acelerado da produção industrial e dos transportes a longa distância, por trem ou por navio, além de atender às necessidades de combustível para produção de calor para fins industriais ou para uso doméstico e, no final do século, também para a produção de energia elétrica.

A relação entre o desenvolvimento econômico-social e a utilização da energia tornou-se mais evidente no decorrer do século XX, a partir da implantação dos primeiros serviços centralizados de produção e distribuição de eletricidade e da invenção dos motores de combustão interna de ciclo Otto ou Diesel.

No que concerne à eletricidade, a sua utilização, inicialmente restrita à iluminação através de sistemas de corrente contínua, ampliou-se consideravelmente com a invenção do transformador e do motor de corrente alternada que tornaram a eletricidade a forma de energia mais adequada para produção da força motriz utilizada na indústria, além de possibilitarem o surgimento de uma grande variedade de aplicações nos setores residencial e de serviços.

Os motores de combustão interna propiciaram um desenvolvimento acelerado do sistema de transportes, acarretando um crescimento contínuo da demanda de gasolina e óleo diesel, e, por conseqüência, da oferta de óleo combustível que, como subproduto,

QUADRO 1

EVOLUÇÃO DO CONSUMO BRUTO ANUAL DE ENERGIA DOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS

Valores Per Capita em Kg de Carvão Equivalente

ENERGÉTICO/ANO	1750	1913	1973
Lenha e resíduos vegetais	500- 800	400- 600	120- 180
Carvão e turfa	60- 90	2000-2050	1700-1800
Petróleo e gás	0- 1	72- 75	3900-4000
Energia hidráulica e eólica	30- 70	110- 140	390- 410
Energia muscular (humana animal)	100- 150	50- 80	10- 20
TOTAL	700-1100	2700-2900	6150-6400

Fonte: Paul Bairoch - *Énergie et Révolution Industrielle: Nouvelles Perspectives* Revue L'Énergie No. 356-Sept. 1983

QUADRO 2

EVOLUÇÃO DOS ENERGÉTICOS PREFERENCIAIS POR TIPO DE UTILIZAÇÃO

USO ÉPOCA	TRABALHO MECÂNICO	COZINHA E AQUECIMENTO DOMÉSTICO	CALOR PARA PROCESSOS INDUSTRIAIS	TRANSPORTE TERRESTRE	TRANSPORTE MARÍTIMO E AÉREO	ILUMINAÇÃO
1. Antigüidade	Muscular Hidráulica	Biomassa	Biomassa	Muscular	Eólica Muscular	Biomassa
2. Século XIX	Muscular Hidráulica Carvão Petróleo	Biomassa Carvão Petróleo	Carvão Biomassa Muscular	Carvão Biomassa	Carvão Eólica	Biomassa Gás
3. Século XX	Elettricidade Petróleo Carvão Muscular	Gás Biomassa Elettricidade Petróleo	Petróleo Gás Elettricidade Biomassa	Petróleo Elettricidade Carvão Muscular	Petróleo Nuclear Carvão	Elettricidade Gás Petróleo

passou a concorrer vantajosamente com o carvão na produção de calor e na geração de energia elétrica.

A predominância do carvão como fonte de energia para todos os fins estendeu-se por algumas décadas do século XX, porém, com tendência declinante, até ceder, em definitivo, a primazia aos derivados de petróleo que, além de oferecerem vantagens do ponto de vista do manuseio e estocagem, eram produzidos a custo inferior.

A oferta de petróleo em escala crescente e a preços cada vez mais baixos resultou na implantação, em todos os países do mundo, de modelos econômicos caracterizados por um crescimento contínuo do consumo per capita de energia, tendo nos derivados de petróleo a fonte principal de energia para a maioria das atividades produtivas, inclusive, em numerosos países, para a geração de energia elétrica.

A vulnerabilidade desse tipo de modelo econômico ficou, entretanto, caracterizada em 1973, quando o controle da comercialização internacional do petróleo foi assumido pelos países árabes do Oriente Médio, principais exportadores do produto, que utilizaram a suspensão das exportações e o aumento substancial do preço de venda como arma de pressão política sobre os países industrializados.

Inúmeros estudos, realizados a partir da ocorrência desse fato, que passou a ser conhecido como "choque do petróleo", levaram a concluir pela neces-

sidade de se reduzir, o mais rapidamente possível, o consumo de derivados de petróleo e, ao mesmo tempo, postergar o esgotamento das reservas dos outros recursos não renováveis através de medidas de "conservação da energia", de forma a ganhar tempo para a introdução de novas tecnologias energéticas, seja do lado da oferta, seja do consumo.

Em outras palavras, a conscientização da perspectiva de esgotamento, mais cedo ou mais tarde, dos recursos energéticos não renováveis tornou evidente que as futuras gerações só poderão desfrutar de padrão de vida superior ou, pelo menos, equivalente ao da geração atual, se os sistemas energéticos evoluírem no sentido de um novo modelo que utilize, de forma racional, todas as formas de energia disponíveis e seja apoiado principalmente em fontes primárias renováveis, ou realmente tão abundantes que possam ser consideradas praticamente inesgotáveis, como seria o caso da energia da fusão nuclear.

A importância do papel desempenhado pela eletricidade no modelo atual pode ser avaliada pelos prejuízos e transtornos causados à sociedade, quando ocorre uma interrupção de seu suprimento, por curta que seja sua duração.

É fora de dúvida que os prejuízos para a economia são muito superiores ao valor da energia que deixa de ser fornecida, pois, para a maioria das atividades industriais e comerciais, o custo da energia elétrica representa uma pequena parcela do custo total da produção.

A quantificação desse prejuízo através de metodologias baseadas em correlações entre o Produto Interno Bruto e o Consumo de Energia Elétrica ou de modelos mais sofisticados, utilizando programação linear e matrizes insumo-produto, vem sendo objeto de estudo em diversos países que procuram estabelecer critérios de atendimento ao mercado de energia elétrica, baseados na equivalência entre o custo do atendimento e o prejuízo do não-atendimento.

De um modo geral, esses estudos abordam apenas os prejuízos decorrentes de medidas de racionamento programadas, ou seja, restrições ao consumo ou interrupções de suprimento com hora marcada, que impedem o consumidor de utilizar como desejaria seus equipamentos elétricos. Além disso, face às dificuldades para avaliação do valor real, para o consumidor residencial, da energia elétrica utilizada para lhe proporcionar maior conforto e entretenimento, esta parcela do custo social é, em geral, subestimada, embora se reconheça que os consumidores estariam dispostos a pagar um sobre-preço nada desprezível para não serem submetidos ao desconforto provocado pelas interrupções de fornecimento.

Os valores numéricos indicados nos diversos estudos apresentam divergências bastante amplas que são reflexos das diferenças de metodologia e das características peculiares a cada sistema elétrico ou à economia do país.

Para o caso brasileiro, uma avaliação feita recentemente pela ELETROBRÁS indica que o custo social do déficit de energia elétrica é da ordem de US\$ 850/MWh, cerca de 30 vezes o valor do custo marginal de expansão da geração, resultado este, bastante significativo do valor da eletricidade para a economia.

Vale observar, entretanto, que interrupções inesperadas, mesmo que sejam de curta duração, da ordem de poucos minutos ou mesmo de segundos, podem causar outros prejuízos não considerados nos diversos modelos, representados, em algumas indústrias, por perdas de matéria-prima ou por danos causados aos produtos em fase de processamento. Além disso, outras áreas mais sensíveis, como a de informática, chegam a sofrer prejuízos apreciáveis, causados por meras perturbações do sistema, que, muitas vezes, nem chegam a provocar um desligamento.

Além dos prejuízos de natureza econômica, mais facilmente quantificáveis, as interrupções do suprimento de energia elétrica provocam situações bastante desagradáveis e muitas vezes perigosas para a sociedade, especialmente quando ocorrem durante o período noturno em que a falta de iluminação concorre para agravamento dos problemas causados pela paralisação de outros serviços.

Um exemplo eloqüente foram as perturbações da ordem pública, depredações e saques verificados em algumas cidades da região Sudeste do Brasil, por ocasião do colapso do suprimento ocorrido recentemente no sistema interligado Sudeste-Sul.

Um outro indicador significativo da importância da eletricidade para a sociedade moderna é o elevado consumo de energia elétrica, na produção de alguns materiais largamente empregados em grande número de indústrias.

Nesse particular, merecem destaque alguns metais não-ferrosos como o alumínio, o níquel e o silício, além das fer-

ro-ligas, conforme se pode depreender dos índices de consumo apresentados no Quadro 3.

É interessante observar que a única tecnologia disponível para obtenção do alumínio metálico é a eletrólise. Assim, embora o alumínio seja uma das substâncias mais abundantes na natureza, a sua utilização prática só se tornou possível com a descoberta da eletricidade.

2. Energia Elétrica e Meio-Ambiente

A preservação do meio-ambiente ou, pelo menos, a minimização do impacto ecológico negativo sobre o mesmo, vem se constituindo num fator cada vez mais importante para a seleção de diferentes alternativas de suprimento energético e tende, sem dúvida, a tornar-se um dos principais condicionantes de modelo energético a ser adotado no futuro.

Durante muitos séculos a humanidade conviveu com modelos energéticos baseados exclusivamente em fontes renováveis, com a produção de calor obtida através da queima de produtos da biomassa e as necessidades de força motriz supridas pelas energias sôlica, hidráulica e muscular.

Uma das conseqüências negativas desses modelos foi a devastação das florestas e a desertificação de extensas áreas de terra. Em compensação, a queima de produtos da biomassa, na escala em que se processava, não alterava sensivelmente a composição da atmosfera, pois a produção de gás carbônico decorrente da combustão de madeira era compensada pelo ciclo natural de crescimento da vegetação que retira do ar, através da fotossíntese, o carbono de que necessita.

A descoberta de reservas abundantes de combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás natural, permitiu à humanidade libertar-se da "camisa de força" representada pela crescente escassez de lenha e, ao mesmo tempo, sustar o processo de devastação das matas, im-

plantando-se um novo modelo energético baseado em recursos não renováveis, mas tão abundantes que, para os níveis de consumo do início do século XX, podiam ser considerados como praticamente infinitos.

As conseqüências ecológicas do uso, em escala crescente, de combustíveis fósseis começaram a tornar-se evidentes a partir de meados do século.

Dentre as alterações do meio-ambiente provocadas pelo processo de industrialização que caracteriza o desenvolvimento econômico verificado no decorrer deste século, destaca-se, talvez como a mais grave, a poluição do ar nos grandes centros urbanos, decorrentes do lançamento na atmosfera dos gases e partículas sólidas resultantes da queima de combustíveis para produção de calor e para a propulsão de veículos.

A experiência adquirida no decorrer deste século em relação aos problemas causados pela poluição atmosférica tende a impor restrições cada vez mais severas ao uso dos combustíveis mais poluentes, aumentando, em conseqüência, o interesse pela utilização de formas menos poluentes como o gás natural ou de formas limpas de energia como a eletricidade e a energia solar.

A promulgação de leis estabelecendo limites máximos para a emissão de poluentes, embora deva ser considerada apenas um paliativo, vem encarecendo progressivamente ou até mesmo inviabilizando o funcionamento de indústrias localizadas em zonas mais povoadas, tornando, em alguns casos, indispensável a sua transferência para outra localidade mais distante dos centros de consumo ou a substituição do combustível utilizado por outro energético menos poluente.

A avaliação dos aspectos ambientais referentes ao impacto de cada forma de energia deve ser feita levando em conta a localização, natureza, intensidade e durabilidade dos efeitos negativos — a serem evitados ou minimizados — em cada estágio da cadeia energética, desde a captação primária até a utilização final.

A utilização da eletricidade como forma de uso final apresenta vantagens evidentes em termos ambientais, uma vez que a sua transformação em força motriz, luz ou calor não polui a atmosfera, nem produz alteração sensível da temperatura do local de trabalho.

No que concerne ao impacto reduzido no outro extremo da cadeia energética, ou seja, na fase da captação da

QUADRO 3

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA ELÉTRICA

kWh/t.

Alumínio	17000
Silício metálico	13200
Níquel	13000
Ferro-níquel	13000
Ferro-silício	8200
Ferro-manganês	3000
Estanho	2000
Cobre	1000

energia primária e sua conversão em energia elétrica, registram-se efeitos negativos que variam conforme o tipo de energia primária utilizada e podem ser considerados como inerentes a cada fonte de energia, independentemente de sua utilização ou não para a produção de energia elétrica. De qualquer forma, mesmo a utilização de combustíveis poluentes, como o carvão ou o óleo combustível de alto teor de enxofre, para a produção de energia elétrica, pode ser vantajosa em termos ambientais, pois permite deslocar os focos de poluição para locais afastados das áreas mais habitadas, preservando a qualidade do meio-ambiente nos locais de utilização final. Além disso, a adoção de medidas de controle da poluição em centrais termelétricas será sempre muito mais eficiente e econômica do que a aplicação dos mesmos procedimentos em milhares de aparelhos de pequeno porte que seriam necessários para utilização da mesma quantidade de energia através da queima direta do combustível.

A contribuição da eletricidade para a minimização da poluição do ar atinge seu grau mais elevado nos sistemas hidrelétricos, pois nesse caso a ausência da poluição é absoluta em todas as etapas da cadeia energética, desde a geração até a utilização final. Não obstante, a construção de usinas hidrelétricas e em particular de grandes reservatórios provoca alterações do meio-ambiente que, caso não sejam devidamente equacionadas, não sejam devidamente equacionadas, não poderão causar efeitos negativos sobre a fauna e a flora locais, bem como o agravamento de problemas sanitários, cuja neutralização pode ser fundamental para a viabilidade do projeto.

Na maioria dos projetos hidrelétricos, entretanto, os problemas gerados pela modificação do meio-ambiente são menos significativos do que os benefícios adicionais correspondentes a outros usos da água represada, como irrigação, abastecimento d'água, piscicultura, navegação, controle de cheias e lazer, havendo, em geral, um saldo positivo que deve ser levado em conta na comparação da hidreletricidade com outras alternativas energéticas.

A produção de eletricidade a partir da energia nuclear apresenta como vantagem, em termos ambientais, a ausência de poluição do ar. Entretanto, o problema da destinação final dos rejeitos radioativos e os riscos associados à ocorrência de um acidente de grandes proporções em uma usina nuclear vêm constituindo em uma usina nuclear vêm constituindo obstáculos cada vez mais sérios para a

aceitação, pela população, dessa opção energética.

Finalmente, a produção de energia elétrica a partir do aproveitamento direto da energia solar representa a opção mais vantajosa em termos ambientais pois, além de não produzir qualquer tipo de poluição, não interfere sobre as condições de equilíbrio ecológico da fauna e da flora locais.

No que concerne ao impacto ambiental dos sistemas de transmissão e de distribuição vale observar que em quase cem anos de utilização da eletricidade, ainda não foram constatados efeitos nocivos à vida animal ou vegetal, decorrentes dos campos elétrico e magnético produzidos pelas redes elétricas nos níveis de tensão e de frequência empregados atualmente. Na realidade, apenas no que diz respeito ao aspecto estético das linhas de transmissão e redes de distribuição aéreas, é que a expansão do uso da eletricidade vem encontrando resistências por parte dos grupos de defesa do meio-ambiente, obrigando, em alguns casos, à adoção de sistemas subterrâneos, consideravelmente mais caros.

3. Utilização Racional da Energia Elétrica

O incessante crescimento do consumo de energia elétrica a custos cada vez menores foi possibilitado basicamente: pela economia de escala face à implantação de unidades geradoras de capacidade cada vez maiores; pelo desenvolvimento da tecnologia de transmissão a longa distância, que viabilizou o aproveitamento do potencial hidrelétrico disponível; e pela redução progressiva do custo de produção do petróleo que chegou a atingir valores tão baixos que tornaram os seus derivados a opção mais barata na maioria dos países, quer para uso direto, quer para a produção de eletricidade.

O período relativamente longo de abundância de petróleo barato levou ao estabelecimento de padrões de consumo de energia, caracterizados por uma tendência ao esbanjamento, usos inadequados e com utilização ampla de aparelhos de baixo rendimento energético, uma vez que a economia a ser obtida com a utilização de aparelhos mais eficientes era freqüentemente anulada pelo seu custo de aquisição mais elevado.

A elevação substancial dos custos da energia em geral, provocada pela elevação dos preços do petróleo verificada a partir de 1973, deslocou o ponto de

equilíbrio entre os custos de capital e de consumo de energia para uma faixa que favorece fortemente a introdução de aparelhos ou processos mais eficientes, possibilitando desta forma um uso mais racional dos recursos energéticos disponíveis.

Tendo em vista que os custos de produção de energia tendem a crescer à medida que se esgotam as fontes mais econômicas, pode-se concluir que a tendência no sentido da utilização de aparelhos mais eficientes deverá acentuar-se cada vez mais no futuro, podendo-se prever a substituição total do estoque existente de aparelhos menos eficientes em prazo relativamente curto, talvez até inferior à vida útil desses aparelhos.

Esse aumento da eficiência dos aparelhos elétricos terá como consequência uma redução da taxa de crescimento do consumo de energia elétrica, no que concerne às áreas do mercado de energia em que a eletricidade é a forma dominante.

Um outro fator que poderá contribuir apreciavelmente para a diminuição da taxa de crescimento do consumo é a diminuição das perdas dos sistemas de transmissão e de distribuição, para o que, naturalmente, haverá necessidade de se investir um pouco mais nesses sistemas.

Hoje em dia essas perdas são da ordem de 13% e poderiam ser mais reduzidas, pois em áreas bem servidas elas se situam em torno de 11%.

Finalmente, a tarifação adequada, quer em termos de nível, quer em termos de estrutura, poderá dar os sinais econômicos adequados ao consumidor, no sentido de que ele racionalize ao máximo o uso da eletricidade, contribuindo mais uma vez no sentido de diminuir as taxas de crescimento do consumo.

4. Substituição de Derivados de Petróleo por Energia Elétrica

A busca do equilíbrio entre a produção nacional e o consumo de petróleo vem sendo desenvolvida através de duas linhas de ação:

a) Aumento da produção e das reservas nacionais de petróleo;

b) Redução do consumo de derivados de petróleo através da sua substituição por fontes energéticas nacionais e de medidas de conservação de energia.

A primeira linha de ação tem como característica principal não exigir adaptações ou substituição dos equipamentos de utilização, uma vez que a substi-

tuição de petróleo importado por petróleo nacional não altera substancialmente as características dos derivados fornecidos aos consumidores.

Em contrapartida, a intensificação do ritmo de exploração do petróleo conduzirá mais rapidamente ao esgotamento das reservas existentes em território nacional, antecipando-se, dessa forma, a época em que será inevitável a sua substituição definitiva por outra fonte de energia.

Verifica-se, assim, que a questão da auto-suficiência energética envolve aspectos de curto e longo prazo que devem ser devidamente equacionados e compatibilizados para que a solução de hoje não venha a constituir um problema ainda mais sério amanhã.

A descoberta de utilização prática para diversos efeitos físico-químicos provocados pela corrente elétrica tem ampliado cada vez mais a sua utilização, promovendo uma progressiva sofisticação da economia, em atividades cuja existência seria impossível sem eletricidade como a informática, as telecomunicações e a robotização, bem como nos segmentos do setor energético tradicionalmente dominados pelos combustíveis derivados de petróleo.

O aumento contínuo da participação de energia elétrica no setor energético é um fenômeno que pode ser observado em quase todas as nações, sendo o grau de eletrificação da economia um indicador significativo do nível de desenvolvimento industrial de um país.

Na realidade, as únicas aplicações energéticas para as quais a energia elétrica, a longo prazo, parece desvantajosa ou tecnologicamente inviável são, por razões óbvias, os transportes aéreo e marítimo e alguns processos industriais ou atividades militares. Para o transporte terrestre pode-se prever uma ampliação substancial da participação da eletricidade, tanto no transporte urbano como no de longa de distância, através da transferência de parcelas da carga rodoviária para a ferrovia e da substituição do transporte individual pelo coletivo, com tração elétrica, nos núcleos urbanos.

Por outro lado, o maior rendimento energético de tecnologias ainda pouco difundidas como, por exemplo, a bomba de calor, torna a energia elétrica mais competitiva nos campos atualmente dominados por combustíveis fósseis como o gás natural e os derivados de petróleo, o que poderá resultar em aumento considerável da participação da energia elé-

trica no mercado energético global.

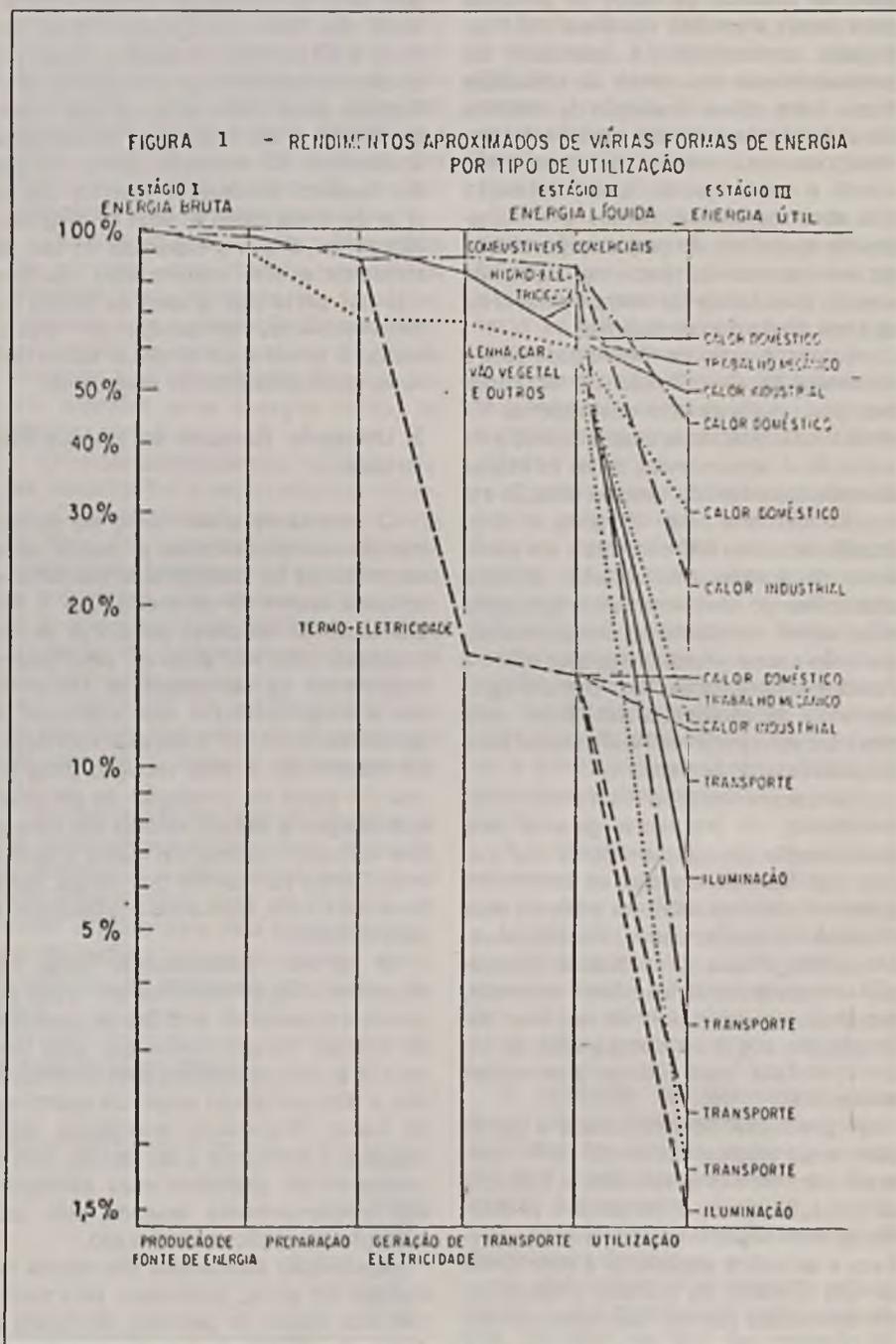
A diversidade de aplicações e o alto rendimento (ver Figura 1) com que a eletricidade é convertida em outras formas de energia fazem com que uma parcela crescente do setor energético constitua, hoje, um mercado praticamente cativo para a energia elétrica.

A ampliação desse mercado através da penetração na área de produção de calor é possível, com a tecnologia atual,

em quase todas as aplicações industriais e na totalidade das aplicações domésticas. Em alguns casos, entretanto, como a fabricação de cimento, não existe ainda uma tecnologia eletrotérmica adequada, o que não impede que isso venha a acontecer no futuro.

No Brasil, a utilização de energia elétrica para redução do consumo de óleo diesel e óleo combustível no setor industrial vem sendo implementada a par-

FIGURA 1



tir de 1981, apoiada em estudos desenvolvidos tanto pelas empresas concessionárias, como pelas indústrias interessadas.

Dessa conjugação de interesses surgiu o programa de eletrotermia apoiado em tarifas especiais (EGTD, EPEX, ESNG, etc.) que viabilizaram economicamente os investimentos que o consumidor industrial seria obrigado a fazer para efetivar a substituição, proporcionando, em alguns casos, a recuperação do capital em prazos inferiores a um ano.

Os resultados obtidos até agora indicam que a eletrotermia representa uma opção energética tecnicamente vantajosa para a maioria das indústrias, especialmente para aquelas localizadas em zonas urbanas para as quais o controle da poluição do ar é um fator de grande importância.

Os efeitos do programa de eletrotermia só começaram, entretanto, a refletir-se significativamente no crescimento do mercado no decorrer de 1983 e parecem se constituir numa das explicações para as elevadas taxas de crescimento do consumo industrial de energia elétrica que vêm sendo registradas até hoje, embora a economia do País continue atravessando um período de recessão. Assim é que o mercado de eletrotermia representou cerca de 11,9% do consumo industrial de energia elétrica acumulada de maio de 1984 a abril de 1985, elevando a respectiva taxa média de crescimento de 8,0% para 12,1% nesse período.

Do ponto de vista da política energética nacional, a substituição do óleo combustível por energia elétrica significa um passo à frente no sentido da adaptação do parque industrial ao modelo energético do futuro, uma vez que, eliminada a concorrência dos combustíveis fósseis, a eletricidade deverá constituir a forma de energia mais vantajosa para a maioria dos processos industriais, parecendo pouco provável que venha a ser deslocada por outras alternativas como o hidrogênio, os combustíveis da biomassa ou o aproveitamento direto da energia solar.

O Quadro 4, apresentado a seguir, resume os setores de utilização final que poderão ser beneficiados pela substituição de derivados de petróleo por eletricidade, utilizando tecnologias nacionais já plenamente desenvolvidas.

Essa perspectiva de maior penetração da eletricidade em campos atualmente dominados pelos combustíveis fósseis como a produção de calor e o transporte terrestre, poderá ter como efeito um au-

mento da taxa de crescimento do consumo de energia elétrica, mesmo levando-se em conta a economia de energia a ser obtida com a introdução de aparelhos de rendimento mais elevado.

Conclui-se que, se por um lado a racionalização do consumo de eletricidade conduz a uma redução dessa taxa, a racionalização do consumo de energia total, o desenvolvimento econômico e social, a preservação do meio-ambiente e a necessidade de substituição de uso de derivados de petróleo deverão conduzir a uma situação inversa, de aumento da taxa de crescimento do consumo elétrico. A taxa final de crescimento do mercado será resultante da ação desses e de outros vetores que são normalmente considerado pelo Setor Elétrico em seus estudos de mercado.

A disponibilidade de um potencial hidráulico bastante grande de custo de desenvolvimento competitivo, seguramente, permitiria ao Brasil expandir a oferta de energia elétrica, através da construção, exclusivamente, de usinas hidrelétricas até o final do século XX. Todavia, tendo em vista a necessidade de preparar o sistema para a fase seguinte, na qual a continuidade de crescimento do mercado exigirá o recurso a outras fontes de energia primária, foram estabelecidos os programas de construção de usinas nucleares e termelétricas a carvão, visando, basicamente, viabilizar o desenvolvimento tecnológico, nesses campos, da engenharia e da indústria nacionais.

Esse desenvolvimento em paralelo da geração termelétrica não alterará significativamente as características do parque

QUADRO 4

SUBSTITUIÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO POR ELETRICIDADE

SETOR	DERIVADO DE PETRÓLEO	
Industrial	Óleo Combustível	Eletrotermia-resistências, arco voltaico, aquecimento por indução, bomba de calor, aquecimento por atrito, etc. Processos elétricos não térmicos, como eletrólise, produção de vácuo, centrifugação, prensagem, etc.
Residencial	Gás Liquefeito de Petróleo	Fogão elétrico, forno de resistência, forno de micro-ondas, torradeiras, cafeteiras, etc. Aquecimento de água e de ambiente por resistências ou por bomba de calor.
Transporte	Óleo Diesel, Gasolina	Ferrovia eletrificada Transporte de massa urbano (metrô, trens e ônibus elétricos, veículos elétricos alimentados por baterias).

5. Suprimento de Eletricidade até o ano 2000

Em termos de possível produção de eletricidade, considera-se, como potencialmente disponíveis no País, os valores mostrados no Quadro 5, a seguir:

gerador, que continuará a ser predominantemente hidrelétrico. Caso o mercado evoluisse de acordo com as previsões do Plano 2000, elaborado pela Eletrobrás em 1981, a estrutura de geração seria a apresentada na Figura 2.

Nessa época, o primeiro tronco de

QUADRO 5

POTENCIAL ELÉTRICO NO BRASIL

ITEM	Energia Firme MW ano	Capacidade Instalável MW
Hidrelétrica	106.570	213.140
Nuclear(1)	30.468	43.526
Carvão (2)	28.500	38.000
Total	165.538	294.666

Fonte: Plano 2000

Notas:

(1) Consideram-se as reservas existentes e admitiu-se o reprocessamento e reciclagem do combustível irradiado.

(2) Considerou-se somente 2/3 das reservas como utilizáveis para termoeletricidade.

transmissão da região Norte para a região Sudeste já deverá estar implantado, formando-se um sistema interligado nacional, que viabilizará o suprimento, a todas as regiões do país, de energia hidrelétrica produzida na região amazônica.

O desenvolvimento do sistema nas décadas seguintes deverá ser caracterizado pelo aumento progressivo do suprimento de energia elétrica da região Norte para as regiões Sudeste e Nordeste, complementado pela expansão da geração termelétrica a carvão na região Sul, e nuclear ou de fontes não-convencionais nas regiões Sudeste e Nordeste.

Caso o crescimento do mercado seja segundo taxas menores, como as previstas pelas empresas elétricas em 1983, ou ainda mais pessimistas como suposto adiante, esse perfil do atendimento provavelmente não será muito alterado em termos percentuais, uma vez que os programas de expansão têm sido permanentemente ajustados às variações desse mercado.

Até o momento, somente os programas decenais têm sido alterados, mas o Plano Diretor da Expansão do Sistema Elétrico para o ano 2000 deverá ser revisto, a partir do 2º semestre de 1985, conforme previsto no próprio Plano 2000. Para tanto, estudos relativos às fontes de geração e ao mercado consumidor estão sendo conduzidos previamente a essa revisão.

Em conseqüência da crise por que tem passado a economia mundial, o crescimento de mercado, a curto prazo, provavelmente será mais próximo das projeções mais baixas. No entanto, qualquer das projeções aqui apresentadas pressupõe uma participação crescente da eletricidade na vida social e econômica dos cidadãos, pelas razões anteriormente expostas.

Em decorrência, haverá necessidade de acelerar os programas de investimento do setor elétrico, o que poderá ser considerado um sério obstáculo ao atendimento do mercado, na conjuntura atual de carência de recursos para investimento. Entretanto, esse aumento de investimentos no setor elétrico poderá ter como contrapartida uma redução, equivalente em termos energéticos, dos investimentos necessários aos outros segmentos do setor energético que eventualmente estejam cedendo lugar à eletricidade.

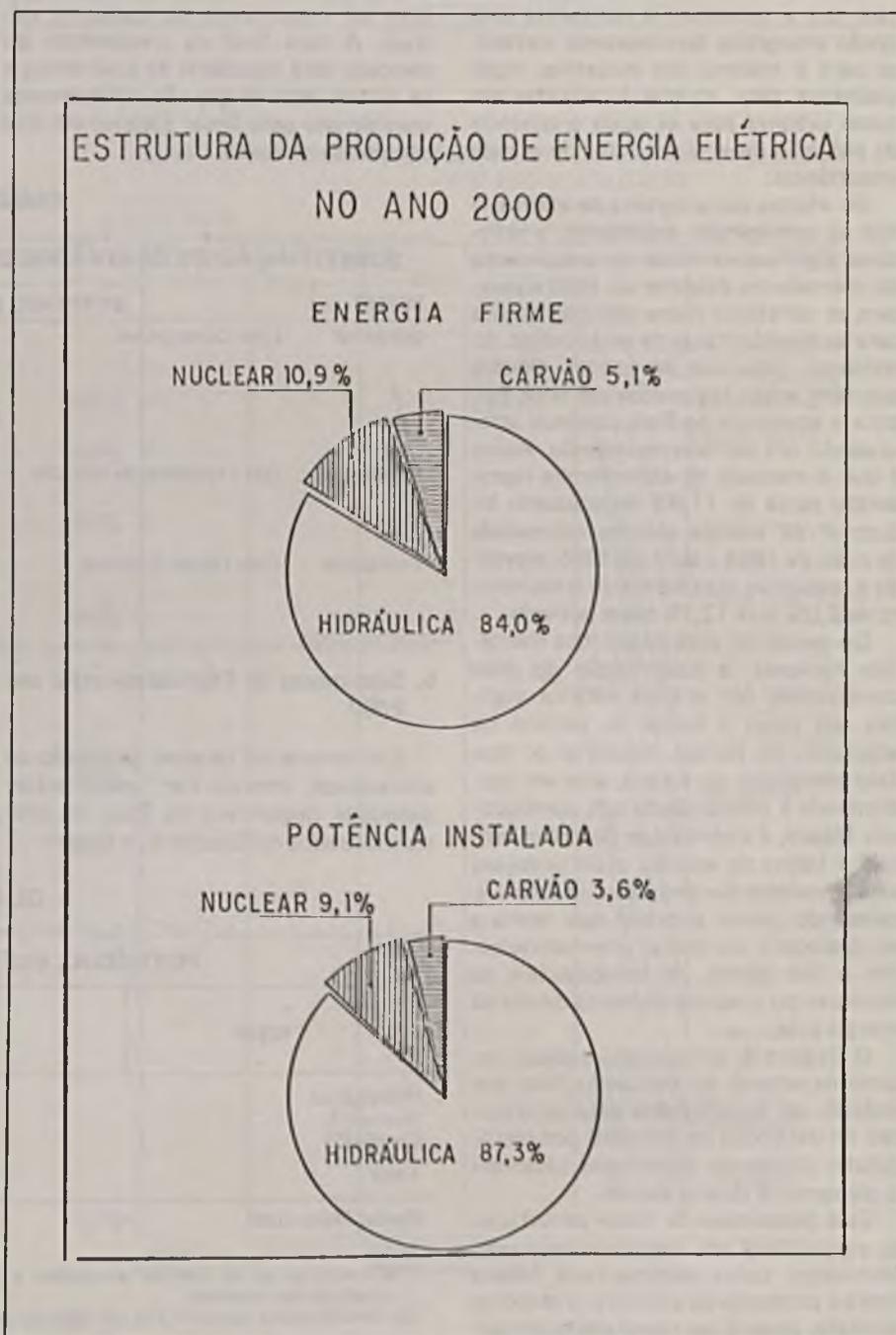
O resultado final de uma modificação desse tipo na estrutura do setor energético pode ser avaliado com base nos dados

apresentados no Quadro 6. Os valores dos investimentos a serem realizados não são comparáveis diretamente, pois não incluem as parcelas correspondentes a investimentos já realizados em obras em andamento, nem aos investimentos futuros necessários para sustentar o nível de produção de petróleo. Verifica-se que, no período 1984-1993, o nível de investimentos necessário para ampliação do sistema elétrico, por barril de petró-

leo equivalente, compara-se favoravelmente com o previsto para o setor de petróleo e gás natural, apesar de que os valores alocados a esses energéticos refletem somente os investimentos numa parte da cadeia energética, não chegando até o uso final por parte dos consumidores.

A expectativa do equacionamento financeiro do Setor Elétrico, a médio prazo, leva-nos a afirmar que o período

FIGURA 2



mais difícil para os investimentos setoriais deverá estar compreendido no quinquênio 1985-1988. Embora possa haver variações sensíveis entre os dispêndios necessários a atender os programas de expansão relacionados com cada uma das três projeções de mercado adiante identificadas, em qualquer dos casos es-

sa dificuldade é ainda apreciável. O Quadro 7, a seguir, resume as taxas de crescimento do mercado consideradas neste artigo, o valor final do consumo projetado para 2000 e o correspondente investimento a ser desembolsado no período 1985/1888.

Desses investimentos, a maior parcela

corresponderá à geração (51,5%), seguida de transmissão (27,5%), distribuição (16%) e instalações gerais (5%).

A materialização de investimentos ao nível dos apontados no Quadro 7 representa uma expressiva apropriação da formação bruta do capital fixo nacional, num nível variável entre 9 e 11% do total, o que é 15% a 25% superior à média histórica da década de 1970.

Essa participação crescente se justifica pela correspondente participação percentual da eletricidade no consumo global de energia que, no período 1970 a 1973, cresceu de 19% para 32%, sendo ainda suposto que atinja aproximadamente 38%, em 1988.

Levando-se em consideração as três projeções de mercado já citadas e comparando-as com o potencial total mostrado no Quadro 5, anterior, verifica-se que somente uma parcela entre 32% e 41% do mesmo estará aproveitado até o ano 2000.

É interessante especular qual o mercado elétrico que poderia ainda ser atendido até a plena utilização desse potencial e, aproximadamente, em que década do século XXI se daria tal aproveitamento, uma vez que menos de 50% dele estará desenvolvido até o ano 2000. Como ponto de partida para examinar esse assunto, elaborou-se o Quadro 8 seguinte, com o qual se demonstra que, possivelmente, o potencial energético identificado para eletricidade atenderá pelo menos até meados da segunda década do próximo século.

A década em que se dará o total aproveitamento do potencial elétrico brasileiro dependerá da taxa de crescimento do mercado que será razoável esperar para o Século XXI, sobre o que se desenvolvem, a seguir, algumas considerações a partir de reflexões sobre o modelo energético do futuro.

6. Modelo Energético do Futuro

Um modelo energético capaz de satisfazer todas as necessidades de energia da sociedade do futuro deverá ser baseado em fontes de energia primária, cuja utilização em larga escala seja economicamente viável, com nível de garantia de suprimento adequado e sem provocar desequilíbrios ecológicos que prejudi-

QUADRO 6

RELAÇÃO ENTRE INVESTIMENTOS E AUMENTO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

Capacidade de Produção - 10 ³ bep/d	Eletricidade (a)	Petróleo Gás Natural e Xisto (b)
1983	808	353
1993	1831	1153
Diferenças	1023	800
Investimentos Acumulados no Período 1984-1993 10 ⁹ US\$	48,6	57,5
Investimento Específico 10 ³ US\$/bep/d	47,5	71,7

Obs. (a) - Geração, transmissão, distribuição e instalação gerais
(b) - Inclui adaptação de refinarias, mas não haverá expansão da capacidade de refino.

Fonte: MME - Auto-Suficiência Energética.
Um Cenário de Extensão do Modelo Energético Brasileiro até 1993

QUADRO 7

CRESCIMENTO DO MERCADO ELÉTRICO E INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hipótese	Taxas de Crescimento do Mercado (%)			Mercado no Ano 2000 (em TWh)	Investimento 1985/1988 (em 10 ⁹ US\$)
	84/90	90/95	92/2000		
1	10,8	7,1	6,3	536,8	24,0
2	8,8	6,8	6,1	455,4	20,0
3	8,1	6,2	5,8	418,3	18,5

NOTAS:
Hipótese 1 - Plano 2000
Hipótese 2 - Projeção GCPS/83
Hipótese 3 - Projeção mais pessimista

QUADRO 8

Ano Limite para Utilizar o Potencial Elétrico do Brasil

HIPÓTESE	Taxa de Crescimento após 2000					
	2% a.a.	3%	4%	5%	6%	7%
1	2045	2030	2023	2018	2015	2013
2	2053	2036	2027	2022	2018	2016
3	2057	2038	2029	2023	2020	2017

quem a qualidade de vida da população ou possam mesmo constituir ameaça para a sobrevivência da espécie humana.

Do lado da oferta de energia, pode-se dizer que os problemas tecnológicos ainda não resolvidos como a destinação final dos rejeitos nucleares, a poluição do ar e as possíveis alterações climáticas geradas pelo aumento do teor de gás carbônico na atmosfera (efeito estufa) constituem limitações bastante sérias para utilização em escala crescente da fissão nuclear ou da queima de combustíveis fósseis.

A solução desses problemas, que por certo resultará num aumento de custo da energia fornecida aos consumidores finais, permitirá a utilização desses energéticos por um período de anos que será tanto mais curto quanto mais depressa se encontrarem seus substitutos. Essa procura, sem dúvida, será incentivada pelo aumento de custos dos energéticos. Outra limitação será o esgotamento dos mesmos, uma vez que não são renováveis.

Assim sendo, mais cedo ou mais tarde a humanidade terá que se adaptar a uma situação caracterizada pelo esgotamento das reservas de petróleo, carvão, urânio e tório que constituem hoje as principais reservas energéticas mundiais, sendo em decorrência, obrigada a recorrer unicamente às fontes renováveis de energia, a menos que venha a descobrir um processo econômico e seguro para controle da fusão nuclear.

No que concerne às fontes de energia renováveis, os levantamentos já realizados mostram que as disponibilidades, ainda inaproveitadas de energia hidráulica, são relativamente modestas em termos das necessidades energéticas mundiais e estão desfavoravelmente localizadas em relação aos mercados mais importantes, ou seja, os países mais desenvolvidos.

No caso do Brasil, entretanto, cujo potencial hidrelétrico é relativamente grande, a sua plena utilização só deverá ser atingida no decorrer do século XXI, numa data que dependerá do ritmo em que for feito o seu aproveitamento.

Embora o custo atual de aproveitamento da radiação solar para geração de eletricidade seja ainda muito elevado, as vantagens decorrentes da preservação do meio-ambiente levam a considerá-la como uma das principais opções disponíveis para o suprimento futuro de eletricidade, além de ser um energético importante para utilização direta em aquecimento.

É importante observar que tanto a fusão nuclear como a maioria das formas de energia renovável, entre elas a hidráulica e a solar, deverão ser utilizadas basicamente através da produção de eletricidade. Assim sendo, qualquer que seja a fonte primária de energia que venha a prevalecer no futuro, a sua utilização através da produção de eletricidade apresenta-se como uma das alternativas mais viáveis do ponto de vista tecnológico e ambiental.

No ponto de vista econômico, à luz das tecnologias já disponíveis ou em processo de desenvolvimento, a produção centralizada de energia elétrica e a posterior conversão dessa energia na forma requerida pelo consumidor tende a tornar-se cada vez mais competitiva, à medida que as reservas de combustíveis fósseis vão diminuindo e seu preço, em consequência, vai aumentando.

De fato, há uma tendência da eletricidade se tornar cada vez mais competitiva em relação aos combustíveis, exceto os destinados à propulsão de veículos, uma vez que seu custo marginal estará sempre ligado ao da fonte mais econômica, dentre todas, a partir das quais ela pode ser obtida.

Pode-se concluir, portanto, que do ponto de vista da oferta futura de energia os energéticos que se visualizam como disponíveis indicam a tendência para a sua utilização na produção de eletricidade e que esta será cada vez mais competitiva com relação aos energéticos não-renováveis.

Um outro aspecto importante nessa tendência de eletrificação, mesmo com sua produção a partir de energéticos diferentes, é que essa mudança da fonte de energia primária não altera as características da energia elétrica fornecida ao consumidor.

Assim sendo, pode-se concluir que, ao contrário do que pode ocorrer com equipamentos que utilizam um determinado tipo de combustível, os equipamentos elétricos não correm o risco de se tornarem obsoletos em decorrência da inevitável substituição futura dos combustíveis fósseis por outras fontes de energia primária na produção de eletricidade.

Por outro lado, num ponto de vista sócio-cultural, os costumes de vida atuais e a sua revolução para o futuro apontam no sentido de que a energia elétrica deverá desempenhar um importante papel para os consumidores.

De fato, para o período final deste século e, possivelmente, durante o sé-

culo XXI, pode-se prever um aumento ainda mais acentuado dessa importância em decorrência da acelerada expansão do uso de duas das mais importantes aplicações da eletricidade, quais sejam, a informática e as telecomunicações.

Os primeiros sinais dessa tendência já se fazem sentir nos países mais desenvolvidos, nos quais é cada vez maior o número de pessoas que realizam seus trabalhos, transmitem e recebem informações, através de computadores instalados em sua residência.

Uma das principais conseqüências da provável generalização desse sistema será a redução substancial dos deslocamentos a título de serviço.

Além da demanda de energia no setor de transportes, essa mudança de hábitos representará também melhoria apreciável da qualidade de vida nas cidades.

Não se deve estar preparado somente para resolver os problemas da população urbana, mas também das populações rurais, cuja fixação nessas áreas de produção é um importante objetivo em qualquer país. Mais uma vez, a eletricidade deverá desempenhar um importante papel no abastecimento energético rural, quer através da extensão das linhas de transmissão ou da instalação de fontes geradoras próximas aos pontos de consumo.

Por todas as razões anteriormente apontadas, depende-se que a tendência natural de evolução do modelo energético deverá ser no sentido de um aumento progressivo da utilização da eletricidade, em todas as aplicações em que isto seja tecnicamente viável, embora, aos preços atuais, algumas dessas aplicações ainda sejam desvantajosas do ponto de vista econômico.

A Figura 3 apresenta uma visualização simplificada das possibilidades de uso da eletricidade no modelo energético do futuro, de acordo com as idéias expostas.

Pode-se observar que todas as fontes de energia primária poderão ser utilizadas para a geração de eletricidade e que, do ponto de vista tecnológico, seria viável uma "all-electric economy", pois mesmo a produção de combustíveis sintéticos necessários para a propulsão de veículos poderia ser atendida através da produção de hidrogênio eletrolítico.

Parece, entretanto, pouco provável que isto venha a acontecer efetivamente com tal amplitude, pois a utilização direta de recursos renováveis como, por exemplo, a radiação solar para fins de

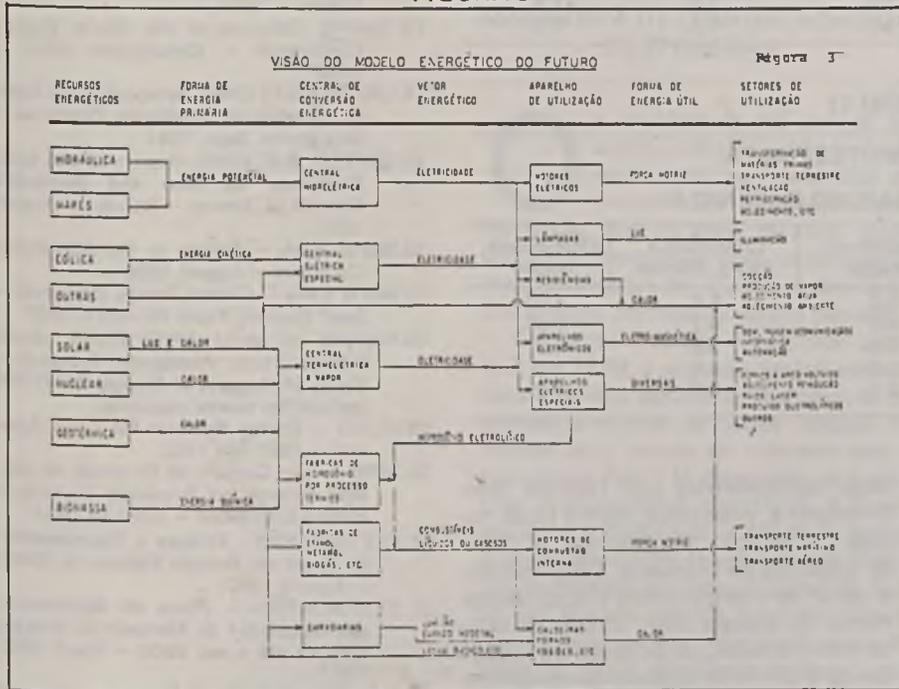
aquecimento de água e do ambiente, e dos combustíveis derivados da biomassa para a propulsão de veículos, poderá constituir uma opção mais econômica do que a utilização, para os mesmos fins, de eletricidade, obtida a partir dessas mesmas fontes primárias.

gir limites próximos à saturação na primeira metade do século.

No dimensionamento de uma possível evolução do mercado de energia elétrica no Brasil, à luz das tendências pré-apontadas, são variáveis importantes, as seguintes:

para concentração da população nas zonas urbanas motivada, basicamente, pela busca de empregos no setor secundário, venha a ser contrabalançada por um processo inverso, induzido pela automação, que reduzirá a necessidade de mão-de-obra, e pela telemática que viabilizará uma desconcentração do trabalho no setor terciário. Outro fator a ser levado em conta na análise das possibilidades de crescimento demográfico do Brasil é a influência das migrações internacionais, uma vez que, na medida em que o País venha a oferecer melhores condições de vida, em função dos seus recursos naturais e da capacidade de adaptação a uma conjuntura de escassez progressiva de combustíveis fósseis, maior será a atração que exercerá sobre as populações de outras áreas do planeta, menos favorecidas quanto a esses aspectos.

FIGURA 3



7. Cenários do Século XXI

Os cenários do Século XXI deverão ser formulados com base nesse modelo energético futuro ou, de forma resumida, com base nas seguintes considerações:

— as alterações tecnológicas deverão consolidar o papel crescente da energia elétrica no contexto do consumo global de energia;

— a sociedade da informática, herdeira da sociedade industrial, induzirá a uma minimização do consumo energético a nível de produção e transporte de bens e a um crescente papel da energia elétrica no asseguramento das condições individuais de conforto, segurança, deslocamento, etc.;

— o aproveitamento de fontes energéticas, a ser efetuado num contexto de crescente valorização do meio-ambiente e ecologia, implicará numa elevação de custos unitários de energia e, por conseguinte, uma forma mais intensa de racionalização energética que deverá atingir

— A variável demográfica

O crescimento da população, no Brasil, deverá continuar apresentando a tendência declinante observada nas últimas décadas, influenciada por uma redução mais acelerada da taxa de natalidade do que da taxa de mortalidade. No que concerne à distribuição espacial da população, é de se prever que venham a ocorrer fluxos migratórios importantes, associados a um desenvolvimento econômico mais acelerado de regiões atualmente menos povoadas, como a região Norte, e a uma possível saturação das regiões mais desenvolvidas. Por outro lado, é possível que a tendência

— A variável econômica, cuja evolução está sujeita à influência de diversos fatores, tais como:

- o grau de internacionalização ou de fechamento da economia;
- a vocação econômica nacional e seus efeitos sobre a alocação territorial da população;
- a diminuição das disparidades regionais pelo efeito conjugado dos deslocamentos das populações, utilização de recursos naturais regionais e desenvolvimento de recursos humanos;
- custos dos fatores de produção, em particular dos energéticos.

— A variável intensidade energética

Esta sumariza um conjunto de fatores ligados a hábitos de consumo de energia, tecnologia, processos industriais, uso de energia nas cidades e nas áreas rurais, etc., traduzido no indicador sumário "elasticidade do consumo de energia elétrica".

O balisamento da evolução possível dessas variáveis, a partir de estudos de cenários realizados na Eletrobrás, é apresentado nos Quadros 9, 10 e 11, a seguir.

QUADRO 9

CENÁRIO A — HIPÓTESE BAIXA				
TAXAS MÉDIAS ANUAIS NO DECÊNIO %				
Período	Crescimento População	Crescimento Produto	Crescimento Energ. Elétrica	Elasticidade Renda
2000 — 10	1.77	3.5	3.7	1.06
2010 — 20	1.42	2.4	2.5	1.04
2020 — 30	1.31	1.8	1.8	1.00
2030 — 40	1.19	1.5	1.5	1.00
2040 — 50	1.08	1.0	1.0	1.00

QUADRO 10

CENÁRIO B – HIPÓTESE MÉDIA

TAXAS MÉDIAS ANUAIS NO DECÊNIO %

Período	Crescimento População	Crescimento Produto	Crescimento Energ. Elétrica	Elasticidade Renda
2000 – 10	1.77	4.5	4.7	1.04
2010 – 20	1.42	3.0	3.1	1.03
2020 – 30	1.31	2.5	2.5	1.0
2030 – 40	1.19	2.0	2.0	1.0
2040 – 50	1.08	1.5	1.5	1.0

QUADRO 11

CENÁRIO C – HIPÓTESE ALTA

TAXAS MÉDIAS ANUAIS NO DECÊNIO %

Período	Crescimento População	Crescimento Produto	Crescimento Energ. Elétrica	Elasticidade Renda
2000 – 10	1.77	5.5	5.8	1.05
2010 – 20	1.42	4.0	4.2	1.05
2020 – 30	1.31	3.5	3.5	1.0
2030 – 40	1.19	3.0	3.0	1.0
2040 – 50	1.08	2.0	2.0	1.0

Assim, e nos reportando ao Quadro 8, anteriormente citado, do qual constam os anos limites para aproveitamento do potencial, verifica-se que a ocorrência de um cenário tipo A poderá facultar uma possível utilização da energia elétrica de fontes nacionais já conhecidas até praticamente a metade do Século XXI, enquanto a ocorrência de um cenário do tipo C implica, já na segunda década do Século XXI, um desenvolvimento de fontes alternativas.

Evidentemente, a consideração de que as reservas apontadas sejam as definitivas não é correta e elas deverão aumentar à medida que novas pesquisas sejam realizadas. Mas, como ordem de grandeza, pode-se estimar que os energéticos, atualmente em uso no Brasil, para produzir energia elétrica em larga escala (hidrelétricos, carvão e nuclear) estarão completamente utilizados entre o ano 2020 e o ano 2060, portanto, daqui a 35 ou 75 anos no máximo.

Os energéticos que serão utilizados na produção de eletricidade para além desses anos, provavelmente começarão a sê-lo com alguma antecedência, para que haja tempo para uma preparação da indústria local e para garantir uma transição entre esses dois períodos. Só não se sabe com que intensidade e com que antecipação isso se dará.

Dentre os energéticos tecnológicos esperados nos próximos 25 anos, destacam-se como mais promissores: a ge-

ração nucleoeleétrica com reatores regeneradores e, mais tarde, com a fusão nuclear; a geração termelétrica, a partir de produtos da biomassa; a eletricidade, a partir da energia eólica e o aproveitamento da energia solar, através de células foto-voltaicas, ou de termelétricidade obtida a partir de sistemas de concentração da radiação através de espelhos.

BIBLIOGRAFIA

1. The American Assembly-Columbia University – Energy Conservation and Public Policy – Prentice-Hall, Inc. 1979.
2. Mains L'onnroth, Peter Steev, Thomas B. Johansson, Energy in Transition – A Report on Energy Policy and Future Options – University of California Press, Berkeley, 1980.
3. Resources for the Future – Energy in America's Future: The Choice Before US, A Study Prepared for the RFF – National Energy Strategies Project – The Johns Hopkins University Press – 1979.
4. Harvard Business School Energy Project, Energy Future Random House, 1979
5. Ford Foundation, Energy: The Next Twenty Years, Ballinger, 1979
6. US – National Academy of Sciences (CONDES), Energy in Transition: 1985-2010, W.H. Freeman & Co. 1980
7. Edson Electric Institute – Economic Growth in the Future – II, 1980
8. World Energy Conference: World Energy: Looking Ahead to 2020, IPC Science and Technology Press of the United Kingdom – 1978

9. North-South Round Table-Society for International Development-Energy and Development – Basic Analysis, Nov. 1980
10. Workshop on Alternative Energy Strategies (WAES) – Energy Global Prospects, 1985-2000 – McGraw-Hill – 1977
11. Exxon Corporation – World Energy Outlook – 1980
12. IIASA – Energy in a Finite World – a Global Energy Systems Analysis – Vienna – 1981
13. Twelfth Congress of the World Energy Conference – Conclusions WEC – 1983
14. UNITED NATIONS: Symposium on Energy Planning in Developing Countries – Stockholm, Sept. 1981
15. UNITED NATIONS: Report of the U.N. Conference on New and Renewable Sources of Energy – Nairobi – August 1981
16. World Bank – Energy in the Developing Countries – August 1980
17. World Bank – Global Energy Prospects – Staff Working Paper No-489 – 1981
18. Reports of Joint UNDP/World Bank Energy Sector Assessment Program – Series of Reports of Energy issues and options for several countries.
19. OLAD – Energy Balances for Latin America – 1981 and 1982
20. MME – Um Cenário de Extensão do Modelo Energético Brasileiro Auto-Suficiência Energética – Julho de 1984
21. ELETROBRÁS - Política e Planejamento do Setor de Energia Elétrica no Brasil – Agosto 1982.
22. ELETROBRÁS – Plano de Suprimento aos Requisitos do Mercado de Energia Elétrica até o ano 2000 – Plano 2000 1981
23. U.S. Department of Energy – National Energy Plan I and II – 1977 and 1979
24. Canada – Ministre de l'Énergie, Mines et Ressources – Le Programme Énergétique National – 1980
25. Revue de L'Énergie – Energy et Développement No. 356 – Août – September 1983
25. EPRI Journal – Comparing Future Options – March 1983
27. EPRI Journal – Industry's Move to Electricity – June, 1982
28. Jaques Lacoste – Système Energetique: Organization et Conditions d'évolution. Revue Française de L'Électricité.
29. J. R. Frish, J. Lacoste – Energy Balances and Electricity in Terms of Fuel Equivalents with Reference to OECD Balances
30. Jean-Marie Domenach – L'Électricité en son siècle – Revue Française de L'Électricité – No. 283
31. Abel Farnoux – Au temps de l'électronisation – Revue Française de L'Électricité – No. 283
32. Albert Ducrocq – Cent ans d'électricité – Revue Française de L'Électricité – No. 283
33. Joseph M. Dukert – A short Energy History of the United States – Edison Electric Institute
34. CEMIG/IDI-MG – Anais do Seminário Sobre Utilização da Energia Elétrica – Eletrotermia – 1983

35. ELETROBRÁS — Departamento de Mercado — Nota Técnica nº 23 — Energia e Crescimento Econômico — Trajetória dos Principais Indicadores no Período 1970-1983 — Março de 1984.
36. ELETROBRÁS — Departamento de Mercado — Nota Técnica nº 25.
27. Federation of Swedish Industries — Electricity Use in the Swedish Industry Up to 1990 — April 1984.

O panorama histórico e institucional do Setor Elétrico

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO DA ELETROBRÁS

Os primórdios do serviço de energia elétrica no país se caracterizam por uma fase de pioneirismo, responsável pela instalação dos mesmos serviços quase que simultaneamente com os dos países mais adiantados da Europa e dos Estados Unidos, no final do século passado.

Enquanto Thomas Alva Edison constrói, em 1879, a primeira central elétrica para o serviço público de distribuição de energia à cidade de Nova Iorque, no mesmo ano, graças ao interesse que o Imperador Pedro II dispensava às invenções e descobertas científicas, o Brasil inaugura a iluminação elétrica da antiga Estação da Corte (hoje Estação Pedro II), da Estrada de Ferro Central do Brasil, no Rio de Janeiro, com seis lâmpadas de arco voltáico, que substituem 46 bicos de gás e produzem melhor iluminação. Outras 16 lâmpadas são instaladas no Campo da Aclamação (Praça da República), em junho de 1881, provindo a energia elétrica de um locomóvel com dois dínamos. Em 1883, Campos, no Estado do Rio, se torna a primeira cidade do Brasil e da América do Sul a utilizar energia elétrica na iluminação pública.

Outros marcos ocorrem: em 1892, circulam no Rio de Janeiro os primeiros bondes elétricos. E faz-se o primeiro aproveitamento hidrelétrico no país, embora para uso privado, a usina do Ribeirão do Inferno, afluente do Jequitinhona (Diamantina-MG), passará a fornecer energia para mineração.

Contudo, a primeira usina hidrelétrica instalada no Brasil, para serviço de utilidade pública, foi a de Marmelos, no rio Paraibuna, próximo a então recém-construída estrada União e Indústria, inaugurada a 5 de setembro de 1889. Bernardo Mascarenhas, notável pelo trabalho pioneiro na criação de indústrias, é quem a constrói, a fim de fornecer eletricidade à cidade mineira de Juiz de Fora. São instalados dois geradores monofásicos de 125 kW cada, com a tensão

de 1.000 volts e frequência de 60 hertz. O impulso do grande empreendimento resultou no período decisivo de desenvolvimento de Juiz de Fora, que se tornaria conhecida como a "Manchester Brasileira" pelas fábricas que ali se instalaram. Sete anos mais tarde é construída outra hidrelétrica, no mesmo local.

Implantação dos serviços

O progresso tecnológico, registrado desde o começo do século, na fabricação de grandes geradores hidrelétricos, na construção de barragens e na transmissão de eletricidade, vem ao encontro das condições peculiares adaptáveis à estrutura dos recursos energéticos do Brasil.

Apesar de, na época, ainda não estar dimensionado o potencial hidráulico do País, imaginam-se suas grandes possibilidades para a geração de energia em comparação com o carvão mineral, face à inexistência de grandes reservas que o tornem fator predominante para utilização industrial, como se deu na Revolução Industrial verificada nos países europeus. Daí as iniciativas de maior vulto no setor elétrico terem se concentrado na utilização de energia hidráulica.

Com essa perspectiva, e dentro do quadro nacional de uma economia ainda incipiente, organizam-se companhias, sob controle de capitais estrangeiros, que terão importância na evolução do setor elétrico, quer pelo longo tempo em que irão predominar, quer pelo aporte de capital e de tecnologia que o país ainda não dispõe.

Essa participação estrangeira começou em 1899, quando a The São Paulo Railway Light and Power Co. Ltd., obteve autorização para funcionar no Brasil. Em 7 de maio de 1900, os primeiros bondes elétricos de propriedade da empresa percorreram festivamente as ruas de São Paulo.

Posteriormente, em 16 de outubro de 1905, o grupo assume os mesmos serviços na cidade do Rio de Janeiro, com a denominação de The Rio de Janeiro Tramways, Light and Power Company Limited. Em breve, além da energia elétrica, o grupo Light também monopoli-