

## Fontes alternativas de energia elétrica

CESAR CALS DE OLIVEIRA FILHO\*

*1. Introdução; 2. Fontes de energia; 3. O atual programa da Eletrobrás; 4. Estratégia utilizada; 5. Conclusões.*

### 1. Introdução

O Presidente Ernesto Geisel, definindo os rumos para o setor energético brasileiro, assim se pronunciou:

“A política energética orienta-se no sentido de diminuir nossa dependência externa, seja pelo aumento da produção de petróleo, seja incrementando a oferta de fontes alternativas internas, seja ainda através a poupança de energia.”

A orientação normativa do Exmo. Sr. Presidente da República é compartilhada pela maioria dos especialistas mundiais no assunto; vale ressaltar a opinião do presidente do Conselho de Recursos Energéticos dos EUA, Roger Norton, que afirmou:

“Se a humanidade mantém o propósito de progredir, então, coletiva e interdependentemente teremos que aprender a melhor utilizar os recursos de sobrevivência que temos.”

Em termos históricos, a era do petróleo está chegando rapidamente ao seu término. No último ano consumimos conjuntamente cerca de um décimo das reservas mundiais conhecidas. Todos nós temos a responsabilidade de usar adequadamente os recursos remanescentes... Todos nós temos a responsabilidade de encontrar novas reservas de petróleo e todos nós temos a responsabilidade de procurar novas fontes de energia.

\* Ex-diretor de Coodenação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. — Eletrobrás.

A longo prazo a solução para os problemas mundiais não está na política e nem mesmo na diplomacia e sim na *ciência!*

A execução da política geral definida pelo Governo envolve três frentes fundamentais:

- Aumento da produção de petróleo.
- Poupança de energia.
- Oferta de alternativas.

O Ministério das Minas e Energia vem desenvolvendo programas para concretizar os objetivos definidos nesta política. Neste sentido, o Governo federal instituiu o Projeto Ipiranga, em dezembro de 1976. A administração do projeto tem composição interministerial e é vinculada ao Ministério das Minas e Energia.

A Eletrobrás, empresa *holding* do setor de energia elétrica, executora da política respectiva por delegação do MME, deverá ser também a responsável pelos projetos de fontes não-convencionais de energia elétrica.

A diretoria da empresa aprovou a diretriz de estimular o desenvolvimento dessas fontes aproveitando recursos brasileiros de características regionais.

Neste momento, estão em fase de implementação os programas para as regiões Norte, Pré-amazônica e Nordeste.

Para a Região Norte:

- Microcentrais hidrelétricas.
- Energia da biomassa (produção de álcool e metano).

Para a Região Pré-amazônica:

- Energia das marés.
- Energia eólica.

Para a Região Nordeste:

- Energia eólica.
- Energia da biomassa (produção de álcool etílico e metano).
- Microcentrais hidrelétricas.
- Energia solar.
- Energia dialítica.
- Gradiente de temperatura.

Na realidade, o que se pretende apoiar, sempre que possível, são programas de utilização de fontes renováveis de energia.

Para a determinação da viabilidade técnica e econômica de alternativas para produção de energia, dois critérios são considerados:

- a) desenvolvimentos a curto e a médio prazos, que colaborem no sentido de avaliar a pressão da demanda do setor energético da maneira mais breve possível;
- b) estudos e desenvolvimento a prazo mais longo, que visem preparar o Brasil para a era que se aproxima, com alterações da estrutura de consumo energético.

Tem sido dada maior ênfase às atividades de curto e de médio prazos. No desenvolvimento das fontes alternativas surgem problemas técnicos referentes ao processo de conversão da nova fonte de energia elétrica e aos métodos correspondentes para estocagem, transporte e utilização. Nesta primeira fase de implantação dessas novas fontes é conveniente que seja dada prioridade aos aproveitamentos que envolvam o menor número possível de alterações na estrutura atual do suprimento e utilização da energia.

A atuação que é seguida pelos setores de fontes não-convencionais compreende estudos, desenvolvimento e construção de protótipos referentes a:

- a) aproveitamento de fontes primárias alternativas;
- b) novos dispositivos de geração, ou seja, de transformação de fonte primária, nova ou não, em energia elétrica;
- c) novos processos de estocagem de energia;
- d) processos alternativos para o transporte de energia;
- e) novas estruturas de distribuição e consumo.

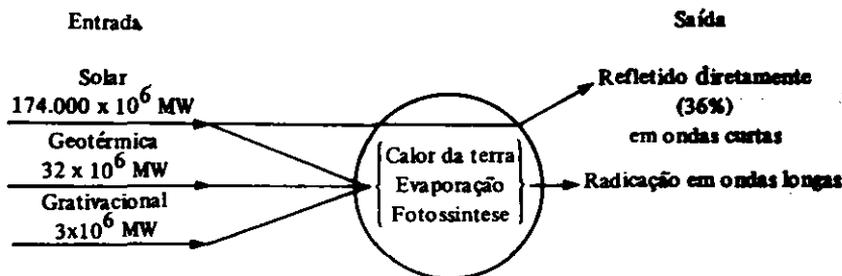
## 2. Fontes de energia

Sabemos que a energia utilizada no mundo é originária, principalmente:

- a) da energia solar;
- b) da energia gravitacional;
- c) da energia nuclear.

Figura 1

### BALANÇO ENERGÉTICO DA TERRA



<b>ENERGIA SOLAR</b> (Percentual aproximado)	36% —	Refletidos diretamente ao espaço
	42% —	Absorvidos pela atmosfera, pela superfície terrestre e dos oceanos e convertidos em calor
	22% —	Envolvidos no ciclo hidrológico
	0,02% —	Responsáveis pelos movimentos atmosféricos e oceânicos
	0,002% —	Absorvidos pela clorofila das plantas

Fonte: Energy, Crawley, Gerard M.

Fixemo-nos, inicialmente, na energia solar.

Da energia solar derivam-se as seguintes formas de energia primária:

Não-renováveis:

- Petróleo.
- Carvão mineral.
- Gás natural.
- Xisto.

Renováveis:

- Recursos hidráulicos.
- Energia da biomassa.
- Energia solar direta.
- Energia eólica.
- Energia do gradiente térmico de oceanos e rios.
- Energia das ondas.

Quanto à energia gravitacional, destacaremos a energia renovável das marés.

No tocante à energia nuclear, sua forma primária é encontrada nos minerais atômicos e na energia geotérmica. Os minerais atômicos são transformados em combustíveis nucleares por processo industrial. A energia geotérmica natural é aproveitada em instalações termodinâmicas e convertida em energia elétrica.

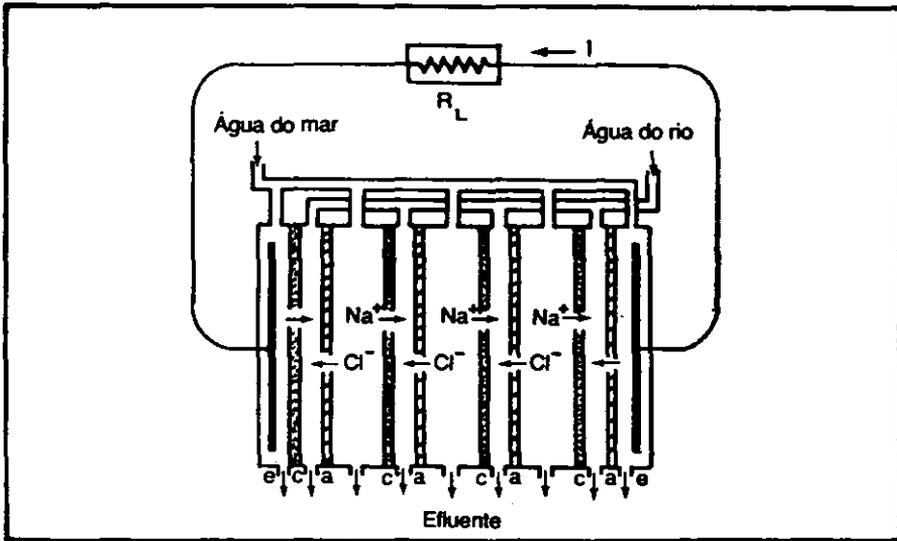
A energia química, não citada como fonte básica devido à sua pequena importância atual para geração de grandes blocos de energia, poderá vir a ser uma alternativa. O principal processo do seu aproveitamento são as pilhas, conhecidas há bastante tempo e muito importantes para o setor de comunicações e para alimentação elétrica de aparelhos portáteis, instrumentos etc.

Estão em desenvolvimento no País e no mundo baterias de acumuladores que tecnicamente são pilhas e seriam utilizadas em sistemas de estocagem. Exemplo são as baterias de lítio-ar, que citamos no item estocagem.

Recentemente têm sido realizadas pesquisas para aproveitamento da energia dialítica, que é energia química da diferença de concentração salina de duas soluções. O processo de conversão em energia elétrica é, na sua base teórica, o inverso do processo de dessalinização dialítica da água. Desta maneira, próximos à foz dos rios poderiam ser instalados aproveitamentos para produção de energia elétrica.

Figura 2

Bateria dialítica



A bateria dialítica é uma possibilidade de se utilizar a energia produzida pela difusão dos sais da água do mar na água doce dos rios.

Fonte: Power generation in the future. Hawley, R.

### 3. O atual programa da Eletrobrás

#### 3.1 Microcentrais

Os estudos sistemáticos da Eletrobrás sobre as microcentrais tiveram início nos primeiros meses de 1976, realizados sob a responsabilidade da diretoria de coordenação. Desde então, o programa tem-se desenvolvido de acordo com a seguinte linha de ação:

- Implantação de uma usina-piloto no rio Farinha.
- Fabricação de equipamento para usinas-bulbo no Brasil.
- Implantação, a médio prazo, de usinas de baixa queda em número pelo menos suficiente para possibilitar a fabricação, no Brasil, dos equipamentos necessários.

As regiões Norte e Nordeste são as que parecem oferecer imediatamente melhores condições para a formação de mercado para a indústria brasileira de equipamentos, sendo que na região Norte há possibilidade de se padronizar as usinas, face à existência de pequenos núcleos populacionais às margens de igarapés, situados numa planície.

No Nordeste haverá redução no investimento necessário, pois se pretende instalar os grupos bulbo em açudes, utilizando obras civis existentes e visando aproveitar a descarga das águas para irrigação, poupando, desta maneira, a água do rio São Francisco. Para isso as usinas deverão ser ligadas ao sistema de transmissão da Companhia Hidrelétrica do São Francisco — Chesf.

As características gerais que definem um aproveitamento tipo bulbo são as seguintes:

- a) a turbina é de escoamento axial;
- b) o eixo deste escoamento é o eixo de rotação da turbina;
- c) o eixo de rotação da turbina é o eixo de rotação do gerador elétrico a ela acoplado, quando se utilizam dispositivos de redução;
- d) o gerador está fechado em invólucro de perfil hidrodinâmico (este invólucro possui a forma de um “bulbo”, daí o nome dado a este grupo de máquinas);
- e) o invólucro pode estar a montante da turbina (caso mais freqüente) ou a jusante.

A característica hidráulica principal de uma usina-bulbo é a de que o conduto é retilíneo e ligeiramente inclinado de montante para jusante, reduzindo as perdas hidráulicas. A jusante o duto termina em expansor cônico para permitir a sucção necessária ao bom rendimento que este tipo de instalação deve apresentar.

Quanto ao equipamento, as turbinas axiais possuem rendimento 3% superior às turbinas convencionais. Além disso, a vazão específica é maior, o que permite uma redução de 13% no diâmetro da turbina, tornando-a mais econômica como equipamento e reduzindo os custos de obras civis, em virtude do menor peso e menor dimensão do equipamento tubular em igualdade de vazões e quedas.

As máquinas de escoamento axial podem funcionar como vertedores. Em caso de rejeição de carga, podem operar como descarregadores em ótimas condições, permitindo desta maneira menores variações nos níveis de montante e jusante, de grande interesse em rios navegáveis. A dissipação de energia é feita no rotor, o que limita o tempo admissível para este tipo de operação.

Uma velocidade maior de rotação representa redução no peso do alternador. Nas realizações francesas e italianas, o gerador gira à mesma velocidade da turbina: o acoplamento é direto. Nos projetos alemães e suíços, em geral, o gerador é acionado através de um multiplicador e tem velocidade até 10 vezes superior à da turbina, reduzindo, desta maneira, o tamanho do bulbo e do duto, com redução de custos. Existe um limite superior na potência que se pode transmitir pelo multiplicador, devido a problemas construtivos. Este limite, na fase atual da tecnologia, é da ordem de 20mW. Para máquinas sem multiplicadores o limite é da ordem de 60mW.

Uma turbina propeler com distribuidores móveis e pás fixas pode operar com rendimento extremamente elevado nas proximidades da vazão do projeto. Se a vazão se reduz, o rendimento diminui rapidamente. Isto se deve ao fato de que a água sai das pás em um ângulo desfavorável dissipando, desta maneira, parte da energia que não é aproveitada pela turbina. Porém, se as pás da turbina podem ajustar-se às diferentes vazões, as perdas hidráulicas na turbina e no tubo de sucção são reduzidas e a curva de rendimento não diminui abruptamente, apresentando, ao contrário, uma plataforma horizontal que se estende por uma faixa bastante grande. Com 20% da vazão nominal, o rendimento é de 80%, o mesmo acontecendo a 130% da vazão nominal.

Segundo esta linha de raciocínio, verifica-se que esta característica pode ser utilizada para padronizar o projeto e construção de turbinas, uma vez que é fácil a adaptação deste tipo de equipamento a uma ampla faixa de quedas e vazões.

Por este motivo, o sr. S. Casacci, engenheiro da Neyrpic, afirma que no campo de máquinas assíncronas ou unidades pequenas, aquela empresa pode reduzir o número de projetos a dois tipos de rotores e quatro tamanhos de bulbos, equivalendo a oito diâmetros básicos. Evidentemente, este grau de padronização se reflete na redução acentuada dos custos do equipamento e das obras civis.

As centrais tipo bulbo são de extrema simplicidade na colocação em marcha, regulação e parada do equipamento.

A fabricação de turbinas tipo bulbo, para quedas muito baixas, já superou em alguns países a fase experimental iniciada por volta de 1936.

Ao se estudar a implantação dessa linha de fabricação no Brasil, procurou-se verificar a tendência revelada pela indústria através das potências unitárias das máquinas instaladas, de modo a poder-se verificar se as potências prováveis das usinas-bulbo para a região amazônica se enquadrariam na faixa de fabricação atual desses outros países.

Essa precaução evitaria criar-se uma linha de fabricação em faixa de potências que não teriam sido aprovadas na prática, ou pelo menos não seriam as mais experimentadas.

Para melhor visualizar a tendência, ao longo do tempo, foi elaborado um gráfico mediante o qual se verificou que:

1. No período entre 1936 e 1960, as potências unitárias das usinas-bulbo se concentravam na faixa de 1.000kW a 2.000kW.
2. A partir de 1960, a faixa inicial se bifurcou, com um ramo acentuadamente crescente e outro decrescente.

No primeiro, verifica-se que as potências unitárias foram atingindo rapidamente valores cada vez maiores, até 54.000kW; no segundo, as potências baixaram para uma faixa abrangendo potências unitárias entre 100kW e 1.000kW, com maior concentração entre 400kW e 900kW. Consta-se, assim, ser extremamente larga a faixa de potências das máquinas tipo bulbo em fabricação, no exterior, nos dias atuais.



Diante da amplitude da faixa de potência ocupada na prática, pelas máquinas bulbo, não resultariam restrições à fabricação, no Brasil, em decorrência das potências unitárias que viessem a ser determinadas nos estudos de viabilidade.

### 3.2 Usinas maremotrizes

No tocante ao programa de aproveitamentos maremotrizes, as diretrizes escolhidas foram as seguintes:

1. Instalação de usina-piloto, com um grupo bulbo na barragem construída no rio Bacanga e que serve de ligação rodoviária da ilha de São Luís ao continente. Estas instalações constam de:

- Um vertedor de concreto com comportas e que é, de fato, uma barragem móvel de retenção de duplo efeito, cuja finalidade é apenas permitir a renovação das águas da baía.
- Uma ponte sobre o vertedor.
- Um aterro com crista na cota 6,00m.

2. Instalação de marégrafos em alguns pontos da costa norte, visando medir os desníveis de marés e suas freqüências.

Inicialmente foram escolhidos cinco pontos:

- Junto à barragem de Bacanga.
- Baía de Cuman.
- Baía de Turiaçu.
- Baía de Caeté.
- Ilha de Maracá, junto ao igarapé do Inferno.

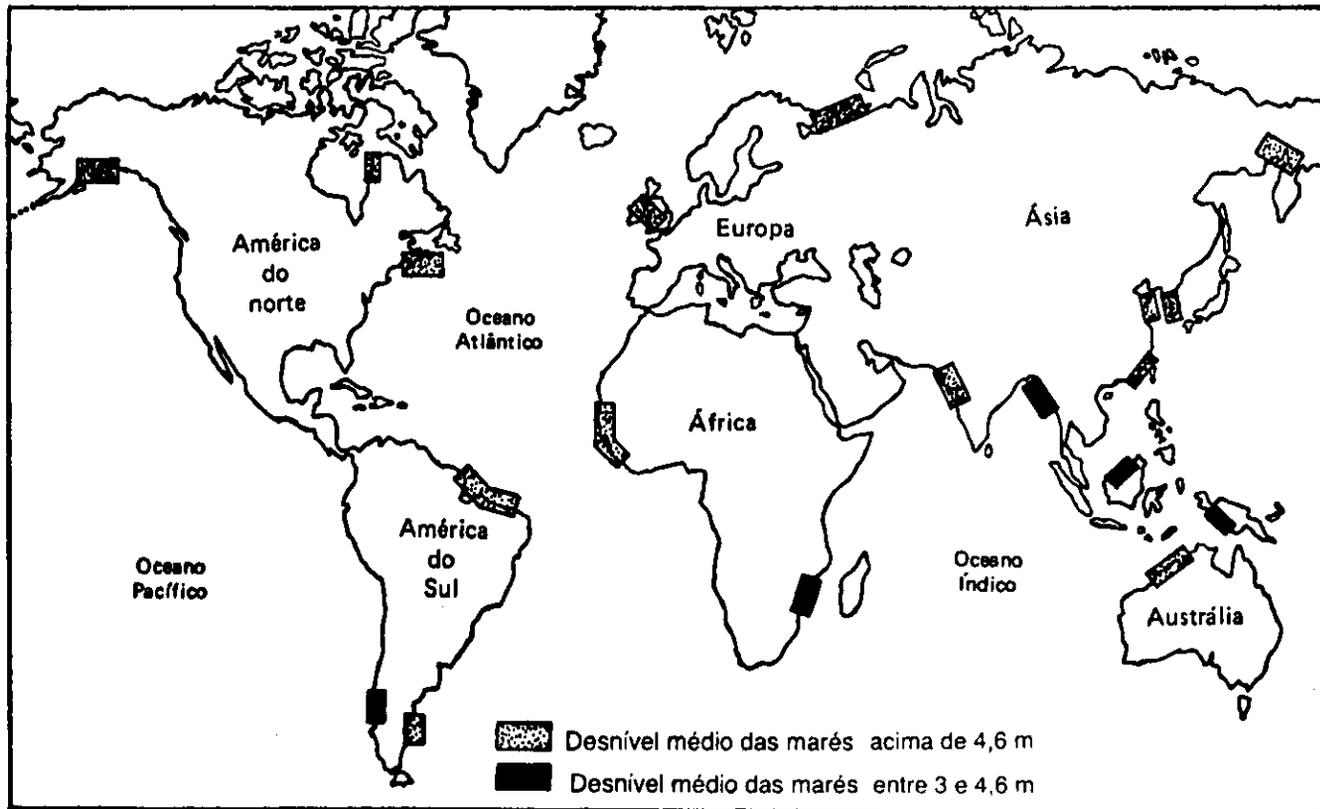
Nesses pontos revelaram-se desníveis de até 11 metros. A campanha de medições está sendo realizada em convênio com a Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha.

3. Complementação dos estudos descritos no item anterior, através de um programa de batimetria, com ecossondador, visando identificar bancos de areia nos locais escolhidos.

A instalação da usina-piloto de exploração de energia das marés visa permitir a absorção de experiência técnica específica, em instalações dessa natureza, pelas concessionárias de energia elétrica, pelos técnicos brasileiros e pela indústria nacional de equipamentos hidro e eletromecânicos. Além disso, será estudada a influência das águas marinhas tropicais sobre os equipamentos.

Os dados fornecidos pelos marégrafos instalados orientarão a escolha dos locais para futuras instalações de maior porte.

Figura 4  
Locais para aproveitamento da energia das marés



As máquinas instaladas em usinas maremotrizes, dependendo das características do ciclo de operação escolhido, além de reversíveis, isto é, capazes de funcionar como geradores com qualquer direção do fluxo, devem também poder trabalhar como bombas.

O ciclo de operação pode ser de efeito simples ou de efeito duplo.

No ciclo de efeito simples, utiliza-se uma única bacia formada por barragem fechando a entrada da baía ou do estuário. A energia potencial é utilizada na baixa-mar, quando a baía se esvazia. A operação compreende três fases:

1. Fase de enchimento — as turbinas ficam paradas e as comportas abertas; durante o enchimento da maré, a água penetra na baía pelas comportas.
2. Fase de espera — as turbinas ficam paradas e as comportas ficam fechadas; no início da descida da maré, com o reservatório cheio, aguarda-se a formação de desnível conveniente.
3. Fase de produção — as turbinas em funcionamento e as comportas fechadas; as turbinas produzem energia utilizando a queda criada pelo desnível entre a baía e o mar.

No ciclo de duplo efeito, a fase de produção tem lugar durante o enchimento e o esvaziamento da maré.

Os ciclos podem ter seus rendimentos melhorados quando as turbinas funcionam como bombas nas proximidades da preamar.

### 3.3 *Energia da biomassa*

Entre os itens analisados pela Diretoria de Coordenação da Eletrobrás, a procura de tecnologias racionais para aproveitamento de fontes alternativas de energia, destacou-se, desde o início dos trabalhos, o aproveitamento da biomassa. Três tecnologias parecem bastante promissoras:

1. Produção de álcool.
2. Conversão de dejetos agrícolas e urbanos.
3. Aproveitamento da biomassa marinha.

Na definição do estado atual dessas técnicas no Brasil, o grupo de trabalho programou visitar todos os centros de pesquisa e tecnologia atualmente trabalhando no assunto. O Centro Técnico Aeroespacial (CTA), de São José dos Campos — órgão do Ministério da Aeronáutica — tinha projetos adiantados em diversos setores, em particular na utilização do álcool para a substituição de derivados do petróleo em máquinas de combustão interna. Os técnicos da diretoria de coordenação da Eletrobrás procuraram associar-se a estes esforços, visando a produção de energia elétrica.

A necessidade de determinar a viabilidade técnica antes de estabelecer a viabilidade econômica é procedimento padrão em projetos de engenharia. Isso não significa que se façam investimentos em soluções que não apresentem perspectivas econômicas; significa, sim, que não é conveniente o compromisso com investimentos elevados enquanto não se determinar a viabilidade técnica, sendo válido o desenvolvimento de protótipos que,

embora não-econômicos, são de baixo investimento e permitem avaliar o desempenho técnico da solução.

Desta maneira, tendo em vista os vários problemas tecnológicos a resolver para o desenvolvimento de um projeto com utilização de combustível novo, o CTA e a Eletrobrás decidiram iniciar o seu programa por máquina de pequeno porte, compatível com o sistema elétrico isolado, com recursos de convênio firmado entre a Eletrobrás e a Sudene. Essa máquina é apenas o primeiro passo de uma longa caminhada que inclui, ainda na primeira etapa, o desenvolvimento de uma pequena destilaria para trabalhar em conjunto com as máquinas geradoras de energia elétrica em centros isolados do País, independentemente do fornecimento de combustível de outras áreas, cujo transporte, além de oneroso, consome combustível. Em uma segunda etapa, tenciona-se instalar máquinas maiores. A próxima, de potência de 500kW, já se encontra no banco de testes do CTA. O programa deverá prosseguir com máquinas de 1.000 a 3.000kW, sempre com elevado índice de nacionalização, para que a economia de divisas, conseguida com a eliminação do consumo de derivados de petróleo, não seja absorvida, no todo ou em parte, pela aquisição de equipamentos.

As máquinas existentes em operação no sistema elétrico nacional, como diversas turbinas a gás funcionando a óleo *diesel*, foram consideradas dentro do objetivo do projeto e representariam a terceira etapa, que visaria a queima de álcool em turbinas a gás de até 30kW, e cuja execução é condicionada ao sucesso técnico e econômico das etapas anteriores.

Para produção de álcool etílico, duas tecnologias são disponíveis: a) a partir do petróleo; b) a partir da energia fotoquímica dos vegetais. Por motivos óbvios, somente será considerada a segunda alternativa.

Para obtenção da matéria-prima necessária à fabricação do etanol em quantidades que atendam a parte significativa do mercado, é necessário:

- a) extensão territorial que possibilite a produção em escala compatível com as necessidades;
- b) clima tropical que permita cultivo durante todo o ano e incidência elevada da radiação solar. A Financiadora de Estudos de Projetos S.A. — Finep — está financiando pesquisas relacionadas com a arquitetura das usinas, no sentido de ampliar a captação da energia solar, aumentando assim o “rendimento” do aproveitamento da usina e do solo;
- c) solos qualitativamente adequados à plantação do vegetal escolhido como matéria-prima.

O Brasil possui as condições básicas para atender a todas as suas necessidades energéticas a prazo relativamente curto, em situação privilegiada com relação aos outros países do mundo, pela produção, em grande escala, de etanol, com a utilização da cana-de-açúcar, da mandioca, do babaçu, da batata-doce e muitos outros produtos.

A produção atual de etanol no Brasil é da ordem de 660 milhões de litros. Esta produção é apenas um subproduto do açúcar. Produz-se o

máximo de açúcar e do melaço extrai-se o álcool. Com esta utilização, uma tonelada de cana produz, em valores médios, 95 quilos de açúcar e 12 litros de álcool etílico.

Em um processo de produção de álcool como produto principal, pode-se obter aproximadamente 70 litros de álcool por tonelada de cana.

Considerando-se que o hectare no Brasil produz 50t/ano de cana-de-açúcar pode-se obter:

$$50 = 70 \times 3.500 \text{ litros de álcool por hectare, por ano.}$$

Em terras tratadas com tecnologia melhorada, tem-se conseguido produzir em média 100t/ano/ha.

A obtenção do etanol a partir da mandioca é uma tecnologia em operação comercial no Brasil.

A tecnologia agrícola, embora seja uma das mais antigas no Brasil, continua em desenvolvimento. A atual produção média do solo é de 15 toneladas de mandioca por hectare. Com o aperfeiçoamento da tecnologia em institutos de agronomia, tem-se obtido resultados que permitem estabelecer uma média de 40 toneladas de mandioca por hectare, com maior produção de álcool devido às melhorias na arquitetura da usina.

Com a tecnologia atualmente empregada, cada toneladas de mandioca permite a produção de  $180 \times 15 = 2.700$  litros de álcool por hectare, por ano. Com a tecnologia aperfeiçoada pode-se atingir 200 litros de álcool por tonelada de mandioca, obtendo-se, então,  $200 \times 40 = 8.000$  litros de álcool por hectare, por ano. Deve-se levar em conta que a mandioca pode ser economicamente explorada em terrenos onde não se consegue obter a cana-de-açúcar em condições razoáveis.

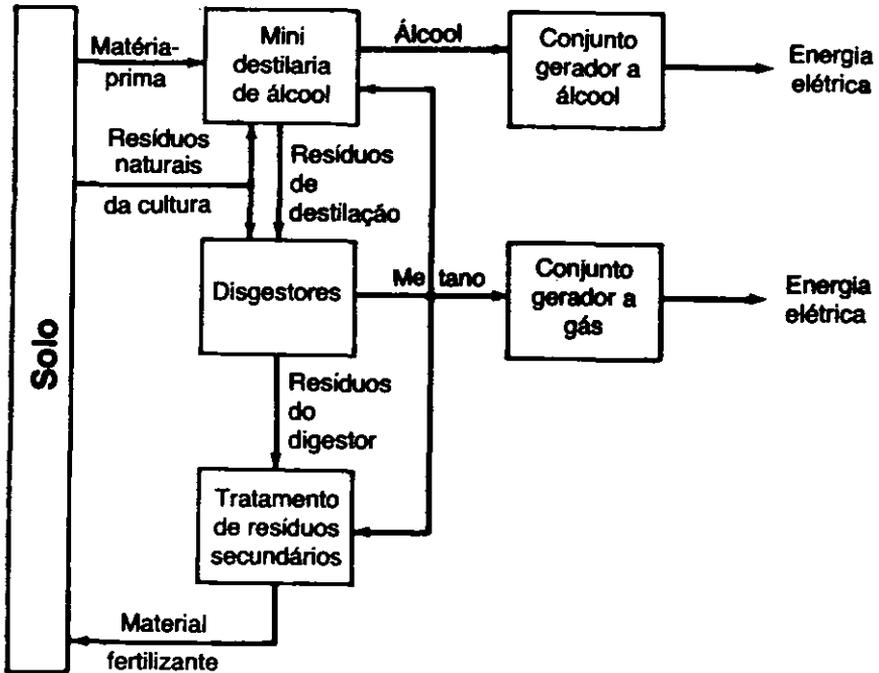
Considerando-se a tecnologia agrícola atual, com a utilização de 2% do território nacional, ou seja,  $170.000\text{km}^2$ , poder-se-á produzir  $270.000 \text{ litros/km}^2/\text{ano} \times 170.000\text{km}^2 = 46$  bilhões de litros/ano, que correspondem a, aproximadamente, três vezes o consumo de gasolina no País. Com a tecnologia aprimorada, a mesma área cultivada poderá fornecer até 136 bilhões de litros de álcool por ano.

Um aspecto paralelo ao problema da produção do álcool e que vem sendo estudado pelos técnicos da Eletrobrás é o dos resíduos agroindustriais. Na produção de álcool, seja qual for a matéria-prima empregada, há formação de resíduos. A utilização desses resíduos pode ser feita de duas maneiras: a) queima direta; b) produção de metano.

A secagem dos resíduos, utilizando energia solar ou parte do álcool produzido, e posterior queima direta, é uma solução simples porém predatória, uma vez que nesses resíduos está grande parte dos elementos nutrientes que a planta retirou do solo. O emprego de digestores para produção de hidrocarbonetos leves, como o metano, é a solução preferida no momento. A figura 5 apresenta o esquema geral de uma instalação desse tipo.

Figura 5

## Plantando energia



Esquema de transformação da biomassa em energia elétrica

No convênio recentemente firmado pela Eletrobrás e a Universidade Federal do Ceará é prevista a construção de um protótipo de digestor para produção de metano a partir do vinhoto. Devido à grande quantidade de água existente no vinhoto, há conveniência de se enriquecer a mistura com material sólido para melhorar a relação entre o volume do digestor e a capacidade de produção de metano. Prevê-se, por este motivo, a adição de resíduos das outras fases da produção ao vinhoto, visando melhorar a eficiência técnica e econômica do conjunto. A Eletrobrás também vem mantendo contatos com a Universidade Rural de Pernambuco, visando ao aproveitamento de detritos animais para produção de metano, em projeto a ser desenvolvido em convênio com a Sudene.

A produção de álcool é feita por fermentação aeróbica. Neste processo, o produto combustível aparece nos produtos fermentados misturado com a água, o que obriga a dispêndio de energia para a separação que é feita

na destilação. Na fermentação anaeróbica o produto combustível é gasoso e embora misturado com outros gases não consome energia para a sua purificação.

Os combustíveis líquidos, produzidos pela fermentação aeróbica, são mais adequados a veículos e à substituição de combustíveis líquidos derivados do petróleo. Os combustíveis gasosos produzidos pela fermentação anaeróbica são os mais convenientes ao uso em instalações estacionárias e como substitutos do gás natural ou de combustíveis gasosos derivados do petróleo.

Algumas plantas aquáticas apresentam características que indicam ser promissor o seu aproveitamento; a biomassa marinha pode ser aproveitada pela cultura artificial de algas de crescimento rápido; o aproveitamento pode ser energético-alimentar (neste caso a fermentação anaeróbica é o processo recomendado), ou metalúrgico-energético, sendo a pirólise o processo indicado; o segundo processo explora a característica que têm algumas algas de concentrar compostos de metais pesados e raros na sua estrutura. A Eletrobrás vem mantendo entendimentos com a Universidade Federal do Ceará visando à realização de projeto conjunto, com ou sem a participação de entidades internacionais interessadas em desenvolver, nos ensolarados mares do nordeste, pesquisas neste setor.

As plantas aquáticas de água doce podem também ser consideradas como promissora fonte de energia, desde que resolvidos os problemas de tecnologia e custos envolvidos. A Eletrobrás está analisando com a Codetec, empresa sem fins lucrativos que trabalha ligada à Unicamp, projeto de aproveitamento do aguapé, que tem um potencial de produção de energia correspondente a 200 barris de petróleo por dia por quilômetro quadrado de cultura.

### 3.4 *Energia eólica*

O aproveitamento da energia dos ventos é provavelmente mais antigo que o barco a vela. Os veleiros do final do século passado apresentavam desempenhos equivalentes a barcos de mesmo porte e peso equipados com motores de mais de 2.000HP. O moinho holandês, que equivale a uma máquina de aproximadamente 30HP, foi amplamente utilizado e ainda estão em operação algumas instalações que datam do início do século. Este tipo de construção seria antieconômico nos dias de hoje. A tecnologia tem, porém, avançado. Sempre que há uma crise energética, como a ocorrida no final do ciclo do carvão e durante as últimas guerras mundiais, a tecnologia eólica é retomada apresentando desenvolvimento considerável; até agora, porém, tem sido posteriormente abandonada por fatores econômicos.

Na atual crise energética o quadro se repete. As perspectivas desta vez, porém, são de uma maior importância da tecnologia das máquinas eólicas no panorama energético geral. É provável que a energia eólica seja a forma alternativa que mais cedo assumirá uma posição significativa no suprimento da elétrica.

Pelo seu caráter disperso, a energia eólica só poderá ser aproveitada eficientemente em uma configuração diversa da atualmente existente, que foi desenvolvida para aproveitamento de recursos energéticos de natureza bastante diferente.

Os países desenvolvidos da Europa, América do Norte e Ásia, têm enviado esforços para desenvolvimento de uma tecnologia moderna, realizando estudos para definir modelos que permitam a introdução da tecnologia existente, nos sistemas energéticos. Pode-se destacar o caso da Suécia, cujo modelo de desenvolvimento prevê a instalação de 5 milhões de quilowatts até 1990 para produção de 10 a 15TWh de energia por ano. O programa recomenda que o modelo considere como valores superiores a potência de 10 milhões de quilowatts instalados e a produção anual de 25 a 30TWh de energia, dependendo da potência unitária e outros fatores (5 até 10mW). Para se avaliar a importância desses números, o consumo total do Brasil em 1976 foi de 77,6TWh, sendo que o consumo *residencial de todo o Brasil* foi de 15TWh. Em valores percentuais esta energia é uma parcela bastante significativa para a Suécia, que tem um consumo de energia da mesma ordem de grandeza da do Brasil. Em 1985 a Suécia deverá estar consumindo 160TWh.

Se o Brasil se engajar em um energético programa eólico poderá beneficiar-se do desenvolvimento da tecnologia que está ocorrendo no mundo. Desta maneira, é possível que, também para o País, a energia eólica seja a que represente uma participação importante no menor prazo. Para isto temos o elemento básico: o vento.

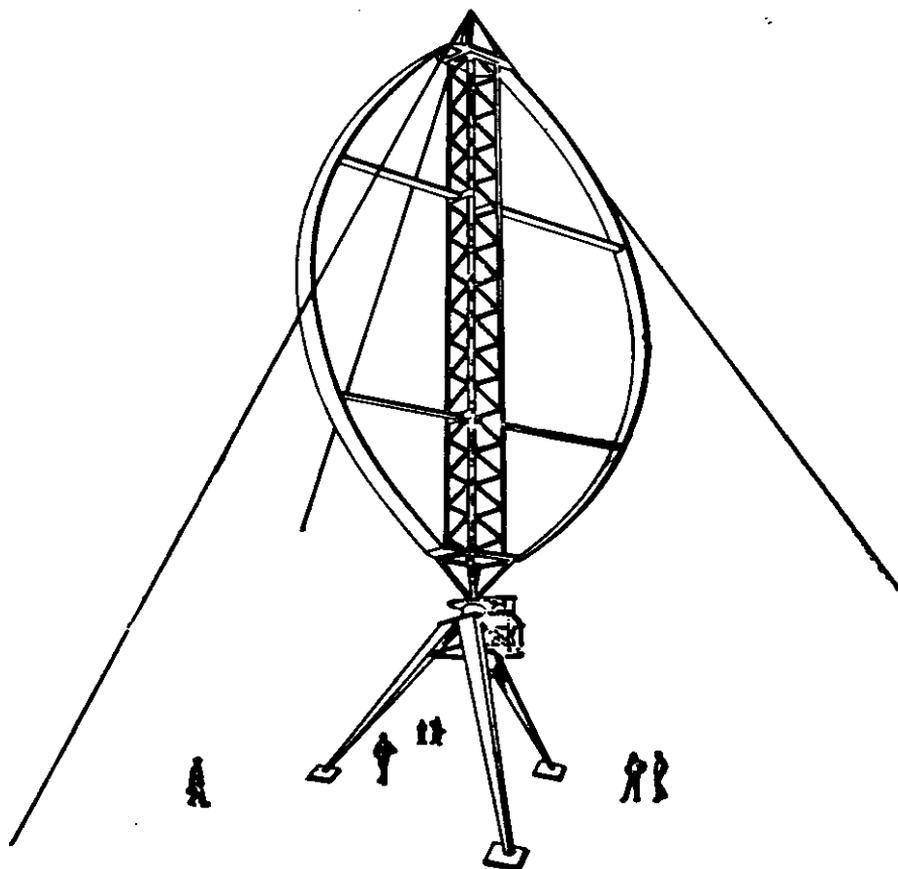
O potencial de energia eólica disponível no mundo é da ordem de  $10^{16}$ kWh por ano. Admitindo-se que 1% dessa energia seja recuperável, ter-se-ia  $10^{14}$ kWh por ano, o que equivale, em média anual, a  $2 \times 10^{12}$ kWh, ou  $2 \times 10^6$ GWh para o Brasil. Isto representa mais de 22 vezes a energia elétrica produzida no País em 1976 e aproximadamente 15 vezes o consumo previsto para 1981. Esta estimativa é feita em números médios. No Brasil, como em qualquer outra região considerada especificamente, a distribuição não é uniforme. Pelo mapa da curva de velocidade média do vento pode-se verificar que as maiores médias do País ocorrem no Rio Grande do Sul e no Nordeste, com maior importância no Nordeste ocidental. Para definição do nosso potencial para produção de energia eólica, a Eletrobrás, em convênio com a Sudene, executará um programa de medições na região Nordeste, em especial no Nordeste ocidental, que se mostra mais promissor.

As máquinas já construídas variam de tamanhos fracionários até à faixa dos 1.000kW. As menores são usadas para bombeamento de água em propriedades mais isoladas ou carga de bateria onde a energia para retificadores não é facilmente disponível. As médias são usadas para bombeamento, moagem e geração de energia elétrica e as maiores somente para geração. Mais de 30 máquinas médias (acima de 6kW) e grandes (acima de 70kW) estão em funcionamento no mundo. Este número pode ser bastante conservador, uma vez que máquinas antigas de 20HP ou 30HP não estão neste inventário. Além disso, propriedades particulares dispõem frequente-

mente de máquinas médias que também não estão incluídas neste número. Este panorama está em fase de alteração. O programa sueco admite máquinas de até 10.000kW.

Figura 6

Ref.: *Workshop*



Fonte: *Wind Workshop*

September 1975 – The mitre corporation

Uma vez que a potência que se pode tirar do vento é proporcional ao cubo da velocidade, a aplicação dessas máquinas só é adequada em lugares onde o regime de ventos é favorável.

O Centro Técnico de Aeronáutica — CTA/IAE, com recursos da Finep, está desenvolvendo modelos de turbinas eólicas com três pás de tamanho pequeno e médio. As máquinas médias serão instaladas no território federal de Fernando de Noronha, e na cidade histórica de Alcântara, no Maranhão, com recursos da Eletrobrás, apoio local da Cemar — Centrais Elétricas do Maranhão S.A., que é a concessionária estadual, e com apoio dos técnicos do CTA/IAE. A Eletrobrás é responsável pela coordenação geral do projeto e pela execução das obras civis e estrutura de suporte, bem como pelo fornecimento do equipamento complementar, incluindo instalações de controles e estocagem de energia.

Em abril de 1977 foram iniciados os trabalhos de montagem da primeira máquina em Recife. Esta máquina, que se destina a Fernando de Noronha, será testada em Recife, devido à facilidade de acesso.

Será a primeira instalação, no Brasil, de aproveitamento eólico para alimentação de serviços públicos de energia elétrica, necessitando, portanto, de medidas e acompanhamento especiais. O sistema de estocagem de energia e os controles estão sendo desenvolvidos pela Universidade Federal da Paraíba e pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Uma vez determinados os detalhes técnicos pela análise dos testes de campo desta primeira máquina, outras serão instaladas para verificação das condições de operação em paralelo e determinação da solução mais econômica.

Paralelamente, está em desenvolvimento na Universidade Federal da Paraíba, no *campus* de Campina Grande, projeto para elaboração de protótipo de máquina tipo Darrieus. A Eletrobrás pretende também estimular o desenvolvimento de outros tipos de máquinas eólicas para que se tenha elementos para avaliação da solução mais adequada às condições brasileiras. Neste sentido a Universidade Federal do Rio de Janeiro e a Unifor apresentaram projeto para desenvolvimento de máquinas com dispositivo venturi, o que permite reduzir as partes móveis com a conseqüente diminuição de custo e aumento de vida útil.

### 3.5 *Energia solar*

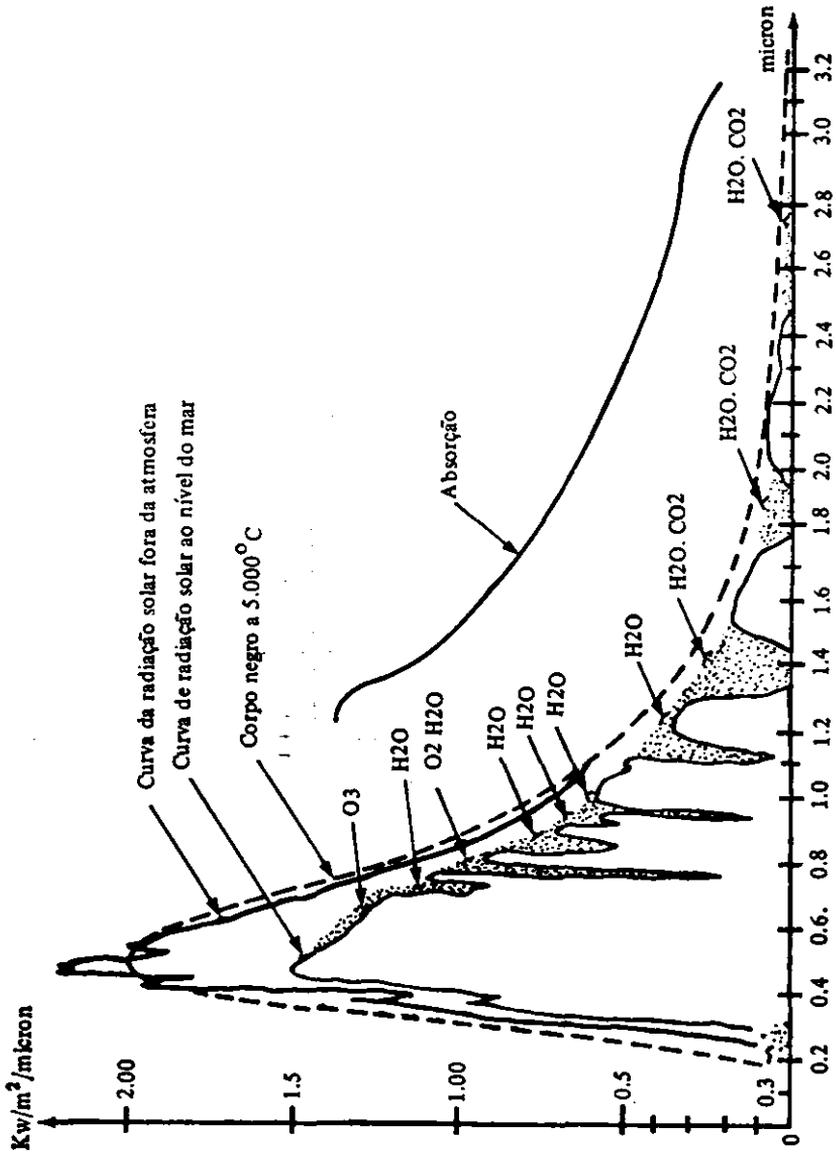
A energia solar é entregue à terra em forma de energia radiante e o seu espectro, abstraindo-se da atmosfera e da absorção dos gases nela dissolvidos, é bastante semelhante à energia realmente emitida por um corpo negro a 5.600°C.

A intensidade com que esta energia atinge o solo depende do encobrimento das nuvens, dos gases dissolvidos na atmosfera, da altitude, latitude, hora do dia e ano, variando de 1.350 a 0W/m<sup>2</sup>. Para dias claros, nas latitudes tropicais, pode-se considerar 1kW/m<sup>2</sup> como um valor razoável para estimativas de potência máxima de 2.000W/m<sup>2</sup>/ano como uma média conservadora. Os EUA calculam em 1.800KW/m<sup>2</sup>/ano a energia média no seu território, sem cobertura de nuvens.

Não existem medições adequadas no território brasileiro. Se considerarmos um valor médio estimado de 1.200kWh/m<sup>2</sup>/ano a partir do valor

Figura 7

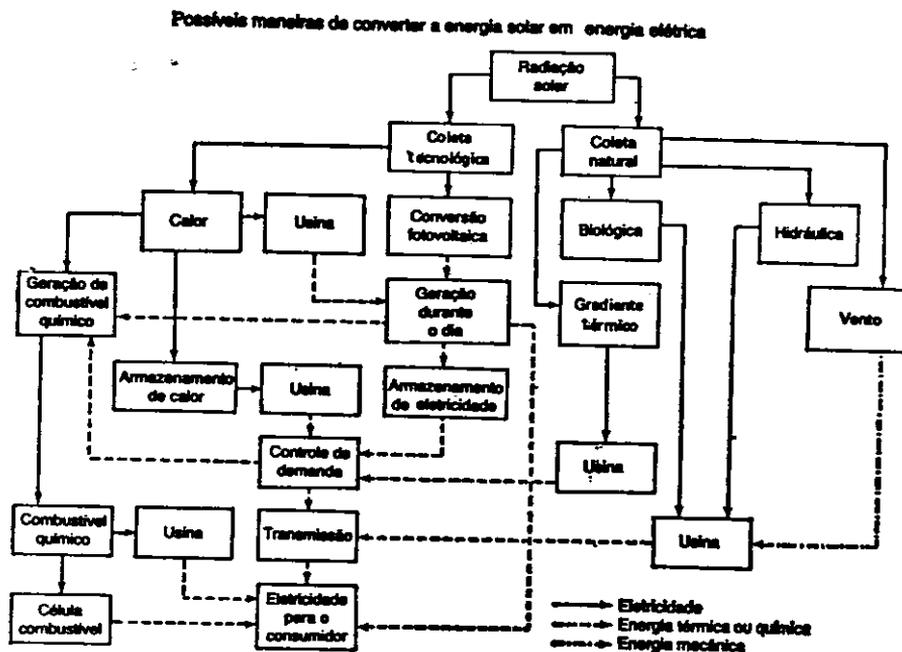
Espectro solar fora da atmosfera e ao nível do mar:



medido para a Bahia em 1970 (1.700kWh/m<sup>2</sup>/ano), obteremos para o Brasil o valor de  $10 \times 10^6$  GWh/ano. Para se ter uma idéia deste valor, o consumo de energia elétrica foi de 80.000GWh em 1975 e o consumo total

de energia foi de  $1 \times 10^6$  GWh, ou seja, o consumo de energia solar é, numa estimativa conservadora, 10.000 vezes a energia consumida pelo Brasil em 1975.

Figura 8



Fonte: *Solar energy, technology and applications*. Williams, J. Richard.

A energia solar, no seu estágio atual, pode ser captada sob a forma fotônica e sob a forma térmica, e existem estudos para a conversão biológica, que preferimos incluir na biomassa. O tipo mais completo de captação fotônica é feito por um dispositivo denominado célula fotovoltaica, que foi desenvolvida para o programa espacial na década de 60 e é produzida nos EUA em escala semi-industrial, embora o seu preço seja elevado (aproximadamente US\$30,000 por quilowatt, somente as células, sem os equipamentos de estocagem e conversão necessários ao aproveitamento comercial). São capazes de converter diretamente energia solar em energia elétrica, corrente contínua, com um rendimento entre 5 e 20%. No estágio atual, podem concorrer com baterias ou pequenas unidades *diesel* para alimentar estações de pequena carga e isoladas, como por exemplo balizas sinalizadoras marítimas, estações de retransmissão em montanhas de difícil acesso etc. No futuro, há possibilidades de redução do custo, uma vez que esta tendência já se vem concretizando.

Pesquisadores americanos têm procurado melhorar o rendimento do processo concentrando os raios solares sobre as pastilhas com a utilização de espelhos com mecanismo de acompanhamento do movimento do sol. Como o custo é fortemente concentrado nas pastilhas, esta solução baixa o custo do quilowatt instalado. Surgem, porém, problemas de vida útil, uma vez que as células trabalham a temperaturas bem maiores.

A geração de energia elétrica de origem solar por processo fotovoltaico tem possibilidades para sistemas isolados, desde que seja convenientemente resolvido o problema de estocagem de energia e os elevados custos. Além disso, não se conhece bem a vida do equipamento, as necessidades de manutenção e o comportamento, em carga, para sistemas de certo porte. Os problemas envolvidos, incluindo o rendimento médio sem orientação das pastilhas coletoras, ou o custo do mecanismo de movimentação das placas de pastilhas para acompanhar o movimento do sol, tornam o aproveitamento de células fotovoltaicas um empreendimento altamente duvidoso e caro. Haveria necessidade de:

- Desenvolvimento de pesquisas tecnológicas para barateamento da pastilha (célula).
- Desenvolvimento dos estudos de conjuntos geração-conversão-estocagem, para otimização do sistema.
- Execução de instalações-piloto para verificação do desempenho do movimento do sol, suporte das placas, proteção das placas que são frágeis etc.

A utilização da energia solar como calor é importante na fabricação de combustíveis sintéticos. O seu uso para gerar energia elétrica pode ser feito por ciclos termodinâmicos. Nesses casos, a energia solar é transformada em calor em coletores planos, de baixa, média ou alta concentração e utilizada nos ciclos termodinâmicos conhecidos teoricamente, alguns com bastante aplicação prática, como o Rankine água, e outros cuja aplicação prática necessitaria ser desenvolvida, como o Rankine orgânico e o Stirling.

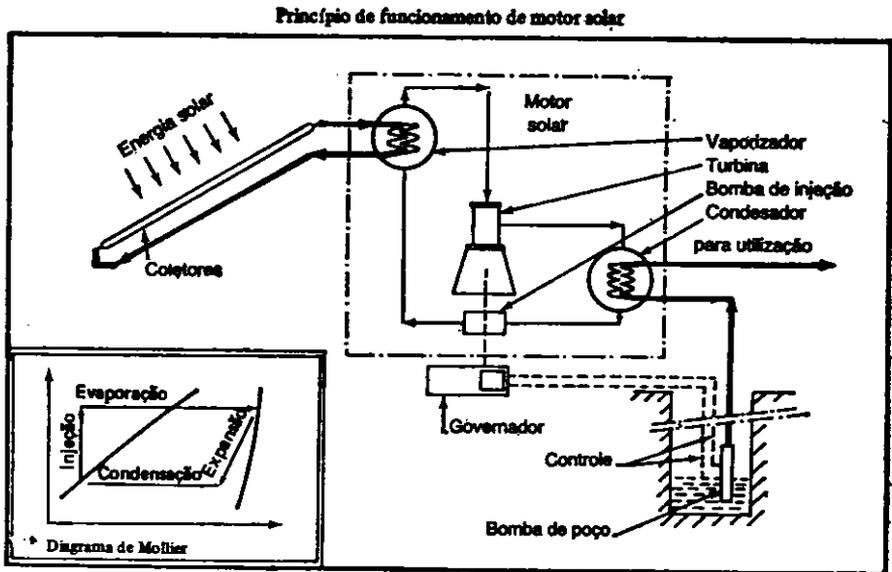
O custo do processo termodinâmico, embora inferior ao processo fotovoltaico, é bastante elevado. O seu valor depende da instalação, podendo, porém, ser considerado, no momento, bem superior a US\$5.000 por quilowatt. Pesquisas em andamento prevêm que seu custo, usados coletores de baixa concentração, pode passar para a baixa de US\$400 a US\$300 por quilowatt. A ocupação de terras e a necessidade de desenvolvimento específico da tecnologia são os principais problemas a resolver. Além disso, o investimento em equipamentos de estocagem para suprir as necessidades dos dias nublados e dos períodos noturnos, não está incluído neste valor.

Outras formas de captação fotônica são os chamados processos fotoquímicos, que incluem a síntese molecular industrial, onde o processo químico utiliza a luz como ajuste, como no caso da fabricação de medicamentos, caprolactama, poliamida 12 e reações fotoquímicas envolvendo corantes.

A Eletrobrás está examinando as propostas preliminares feitas pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal da Paraíba que se propõe

a construir torre solar de potência, semelhante às que foram desenvolvidas em outros países. Estas torres são caldeiras montadas no alto de uma estrutura elevada e que recebem os raios solares refletidos por espelhos dotados de dispositivo de acompanhamento do movimento do sol.

Figura 9



Fonte: Actualités - Documents - Energies Nouvelles - L'énergie Solaire. Mars 1976. Service d'Information et de Diffusion. Premier Ministre. France.

### 3.6 Outros estudos

Ainda em nível de coleta de informações quanto às possibilidades e estado atual da tecnologia a Eletrobrás está atenta aos seguintes itens:

a) hidrogênio — tem uma posição importante no campo do desenvolvimento energético mundial. Em vários países, principalmente nos EUA, no Japão e na Alemanha, sua tecnologia vem consumindo importantes fundos de pesquisa e desenvolvimento. Este fato é devido, principalmente, a que o hidrogênio:

- É um combustível ideal para as células combustíveis que prometem produzir energia elétrica barata, segura, simples e limpa.
- É um combustível limpo e seguro. O produto da combustão é a água.
- É uma forma conveniente de transportar energia. Acima de 1.500km é mais barato transportá-lo em um gasoduto do que a energia elétrica.
- É matéria-prima para diversos produtos básicos como amônia, metanol e outros álcoois, fertilizantes, produtos farmacêuticos e alimentares.

- É necessário à fabricação de combustíveis (hidrocarbonetos) artificiais que poderiam reduzir a importância da crise do petróleo sem profundas modificações na estrutura de consumo.
- Pode ser usado para redução direta do minério de ferro, já existindo tecnologia em desenvolvimento e que será operacional na próxima década, reduzindo nossa dependência de carvão siderúrgico importado.

Alguns autores americanos têm escrito livros e artigos sobre uma economia do hidrogênio, propondo uma profunda modificação na estrutura do consumo para adaptá-la ao hidrogênio. Para atender ao consumo atual, ele é produzido como subproduto de refinarias de petróleo.

Os processos para sua obtenção, já desenvolvidos ou em desenvolvimento, são:

- *Steam reforming*.
- Eletrólise da água.
- Gaseificação do carvão.
- Oxidação parcial de hidrocarbonetos.
- Recomposição termoquímica.
- Fotólise.
- Bioconversão.

Os rendimentos energéticos obtidos por esses processos são satisfatórios e a eletrólise pode, a curto prazo, alcançar elevado rendimento (próximo dos 100%).

Considerando-se as características da maioria das fontes não-convencionais — como o sol e o vento — de que a capacidade máxima de geração de energia não coincide com o momento em que esta é necessária, a utilização da energia solar para a produção de hidrogênio seria uma alternativa promissora, pois este seria utilizado na indústria química ou para reconversão em energia elétrica por outros processos, como o da célula combustível que, atualmente, apresenta eficiência de 55%; porém, pesquisas em andamento indicam a possibilidade de considerável aumento.

A Finep tem amplo programa de pesquisa do hidrogênio, realizado em convênio com o Instituto de Física e Química da Universidade de São Carlos, Universidade de São Paulo — USP, Universidade de Campinas — Unicamp, Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro — UFRJ, Coordenação dos Programas Pós-Graduados de Engenharia — Coppe/UFRJ, Centro Técnico de Aeronáutica — CTA, Instituto Militar de Engenharia — IME/MEer e Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro, envolvendo eletrólise, construção de estação-piloto para a geração, transporte, armazenamento e utilização do hidrogênio, armazenamento líquido, hidretos, eletrodos, ação do hidrogênio sobre o aço, plásticos, queimadores de cerâmica, catalisadores para fins industriais e utilização do hidrogênio em motores e turbinas. Para este programa a Finep destinou Cr\$20 milhões para um período de dois anos.

b) Energia geotérmica — é o aproveitamento do calor da terra. Este calor é gerado pelo material radiativo que fica preso nas rochas e, devido às

condições especiais da formação geológica local, pode ser recuperado para utilização. É chamada de “energia nuclear fóssil”, havendo quatro tipos dela:

- Fontes de vapor seco.
- Fontes de água quente.
- Reservatórios de alta pressão.
- Rochas quentes.

Os dois primeiros tipos são os que têm sido explorados, uma vez que não há necessidade de prospecção para a sua identificação. Os recursos existentes no mundo não são bem conhecidos, pois não se tem feito sua prospecção sistemática.

A sua exploração apresenta problemas tecnológicos e econômicos. Contudo, desde 1904, na Itália, este tipo de energia vem sendo usado para produzir energia elétrica. O aproveitamento em todo o mundo é, porém, pouco significativo, não alcançando um gigawatt.

No aproveitamento do vapor seco, o problema maior é a formação de incrustações na tubulação e nos equipamentos, devido aos sais dissolvidos.

Nos aproveitamentos da água quente, além de só serem econômicos a partir de uma certa vazão e temperatura, os sais dissolvidos representam também um problema tecnológico. Existem várias unidades comerciais em operação, principalmente na Nova Zelândia, no México e nos EUA.

A percentagem de sais dissolvidos varia de 2 a 3% (no México, em Cierro Prieto) até acima de 25% (Califórnia, em Imperial Valley).

Nos EUA, nas costas do golfo do México, foram identificados reservatórios subterrâneos sob pressão com grande quantidade de gás natural dissolvido na água. Estes reservatórios podem produzir energia usando diretamente a alta pressão e também a temperatura em ciclos termodinâmicos. O metano pode ser obtido como subproduto que se libera quando a pressão das águas profundas é reduzida.

As rochas quentes, que ocorrem com mais freqüência em formações graníticas, apresentam temperaturas de 300°C, em profundidades da ordem dos 6.000 metros. Não existem usinas comerciais utilizando as rochas quentes, porém o assunto vem sendo estudado.

A Diretoria de Coordenação da Eletrobrás vem estudando o assunto visando definir a conveniência de se iniciar projetos de avaliação do potencial brasileiro.

c) Estocagem de energia — A energia disponível na natureza não ocorre nos locais e nas ocasiões em que é necessária.

O consumo de energia elétrica obedece a características do mercado, que são graficamente representadas pelas curvas de carga. A configuração dessas cargas varia com o tipo de consumidor (residencial, comercial, industrial, transportes, serviços públicos), com a época do ano, com o dia da semana e mesmo com o nível econômico do sistema servido.

As fontes naturais oferecem energia nas condições ditadas pela natureza. Surge então a necessidade de estocá-la para oferecê-la quando o mercado exigir.

Os métodos atuais de estocagem foram desenvolvidos tendo em vista a possibilidade de estocar a energia antes da sua conversão em energia elétrica. Assim, em usinas térmicas, estoca-se em forma de tanques de combustíveis ou pátios de carvão. A energia hidráulica é estocada nos reservatórios, que representam o fator mais significativo no custo e no prazo de execução das usinas.

A utilização das fontes não-convencionais tem, portanto, de resolver esse problema, que já foi esquematizado para os aproveitamentos convencionais.

Tendo em vista que nem sempre se pode usar os mesmos conceitos, tem-se procurado definir os melhores métodos de estocagem para atender a esta nova necessidade.

A energia produzida pelo aproveitamento do sol, dos ventos, das ondas, das marés, não pode ser armazenada antes do seu aproveitamento. As possibilidades em estudo consideram a acumulação em forma de energia:

- a) elétrica;
- b) potencial;
- c) mecânica;
- d) térmica;
- e) termodinâmica;
- f) química.

Os principais dispositivos previstos para a estocagem são, respectivamente:

- bateria de acumuladores elétricos;
- reservatórios com usinas reversíveis — bombeamento e geração;
- volantes;
- sais eutéticos, metais fundidos e água quente ou vapor em depósitos termicamente isolados;
- gases sob pressão em grandes reservatórios ou em gasodutos;
- hidrogênio, combustíveis artificiais e amônia.

A Eletrobrás está analisando estes métodos para aplicação em suas instalações experimentais, com o objetivo de definir sua conveniência na fase comercial. Neste sentido, foi assinado convênio com a Universidade Federal do Ceará para desenvolvimento de baterias de lítio. Existem, nos EUA, baterias lítio-ar, ou, mais propriamente, lítio-ar-água que têm características de pilhas, pois não são recarregáveis. Porém, a “lama” que se forma dentro da bateria pode ser reciclada pelo uso da energia elétrica. O projeto da Universidade Federal do Ceará — UFC-Eletrobrás deverá desenvolver protótipos desta natureza no País.

A Eletrobrás está mantendo contatos com a Universidade Federal do Rio de Janeiro para estudar o armazenamento de energia por meio de volantes.

Os protótipos mais sofisticados existentes no mundo trabalham em caixas seladas cheias com gases de baixa viscosidade como, por exemplo, o hidrogênio, ou mesmo em vácuo parcial e, em alguns casos, os mancais são magnéticos.

A Universidade Federal da Paraíba tem convênio com a Eletrobrás para desenvolvimento de retificadores e inversores, que são considerados elementos do sistema de estocagem, pois permitem a carga das baterias e a entrega de sua energia na frequência industrial.

A Diretoria da Eletrobrás já aprovou a celebração de convênio com a Pontifícia Universidade Católica — PUC-Rio para o projeto também neste setor, permitindo que se disponha de dois protótipos para seleção do mais adequado, sob o ponto de vista técnico e econômico.

d) Geradores assíncronos — Uma das maneiras de se estocar a energia produzida por fontes não-convencionais é a utilização do sistema existente. Isto pode ser conseguido ligando-se os geradores alimentados por fontes alternativas à rede convencional. Assim, em um aproveitamento eólico, por exemplo, quando houver vento, a máquina eólica fornecerá energia ao sistema que, sendo hidráulico, deixará de usar uma certa quantidade de água de seus reservatórios; a acumulação da energia eólica, de uma maneira indireta, está sendo feita nesta água das represas, que se deixou de utilizar. Nestes casos, o gerador de energia ligado à fonte não-convencional pode ser máquina assíncrona, uma vez que o sistema determinará a frequência.

A máquina assíncrona tem custos menores, tanto de investimento quanto de operação. A Eletrobrás está estudando esta solução e pretende assinar convênio com o Instituto Militar de Engenharia, que fará um projeto neste sentido.

e) Gradiente térmico das águas do mar — As águas profundas dos oceanos, por não receberem luz solar, são mais frias que as da superfície, aquecidas pelo sol. Esta distribuição é mantida pela diferença de densidade. Somente em casos especiais há ressurgência das águas profundas e as águas mais frias chegam até a superfície ou perto dela. Os franceses de há muito estudam o aproveitamento desta diferença de temperatura e colocaram em operação uma usina na Costa do Marfim, antes da II Guerra Mundial.

Recentemente, os americanos vêm realizando estudos desta técnica e desenvolveram um esquema para utilizar a diferença térmica para gerar energia elétrica. O Instituto de Pesquisas da Marinha vem estudando o assunto em Cabo Frio, onde existe um afloramento de águas frias e identificou uma falha na plataforma continental nas proximidades da foz do rio São Francisco que dá acesso às águas frias do fundo do mar.

A Lookeed, uma das empresas norte-americanas que vêm desenvolvendo projetos de OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) coloca em 20°C o valor mínimo da diferença de temperatura que permite aproveitamento econômico.

A Diretoria de Coordenação da Eletrobrás está analisando o assunto, visando determinar o potencial de contribuição desta fonte alternativa para o suprimento energético nacional.

#### 4. Estratégia utilizada

No sentido de estimular o aparecimento de uma mentalidade de pesquisa nos vários organismos regionais ligados ao setor, a Eletrobrás está apoiando os seus vários projetos nos órgãos desenvolvimentistas, universidades e concessionárias estaduais. Desta maneira, pretende que cada região tenha consciência de sua potencialidade e de que a ela cabe encontrar a solução para os seus problemas energéticos, naturalmente com o apoio do governo federal.

#### 5. Conclusões

Urge que nós, brasileiro, conscientizemo-nos de que a nossa independência energética completará a econômica, que dá suporte à nossa independência política.

Por isto, todos os esforços devem ser empregados para nos livrarmos da dependência do petróleo, porque os nossos recursos, até agora conhecidos, se revelam escassos. O importante é nos fixarmos nos recursos energéticos renováveis; é aproveitarmos a nossa dimensão continental, a existência de grande quantidade de terras agricultáveis, banhadas por um sol que tem longos períodos de tempo de insolação direta. Habitamos um país de grande extensão litorânea, com costas sob ventilação constante; temos uma extensa malha fluvial com grandes e pequenos desníveis. Tudo isso combinado poderá ser a *grande solução*.

Porém, mais importante ainda, é o fato de sermos uma nação una, falando a mesma língua, com o mesmo desejo de crescer. Despertada a vontade nacional de vencermos os presentes obstáculos, e conscientes de que a solução dos nossos problemas tem de ser encontrada por nós mesmos, por certo que será mobilizado o talento nacional nesta direção e a nossa independência energética será conseguida.

#### Summary

The objective of this article is to discuss efforts directed toward the identification and use of non-conventional sources of electric energy directed toward changes in long-run consumption patterns.

The author argues that the Brazilian government has tried to develop regional programs of re-usable sources of energy, elaborating: a) short and middle-run studies to evaluate demand pressures of the energy sector; b) longer-run studies, directed to preparing Brazil for future changes in the energy consumption structure.

Short and middle-run studies have received priority because of the numerous technical problems involved in conversion to new electric energy sources as well as those relating to storage, transportation and use.

The author presents a list of energy sources used throughout the world and concentrates on the technical analysis of the Eletrobrás program currently underway regarding exploration of or research on different sources. Seeking to stimulate a research mentality in the various regional organs linked to the sector, Eletrobrás is supporting various projects in universities and state utility companies, in order that each region better understands its potential and assumes the responsibility for the solution of its energetic problems.

## **MARQUE UM ENCONTRO COM VAN GOGH**



Vincent Van Gogh (40 x 50)

Os mais belos quadros dos grandes mestres estão agora ao seu alcance.

Reproduções sobre tela, importadas da Itália, que não devem nada aos originais, (a não ser no preço) para valorizar o seu ambiente. A escolha é sua.

Livrarias da Fundação Getúlio Vargas

RIO — S. PAULO  
BRASÍLIA