APLICAÇÕES DE DIFERENTES FONTES DE ENERGIA

*Lydia Savastano Ruiz**
*José Armando Xavier**
*Paulo de Freitas**
*Neusa Maria Pavão Bataglini**

1. INTRODUÇÃO

1.1. Energia e sociedade

ENERGIA deixou há muito de ser preocupação exclusiva de físicos e filósofos para se transformar no mais importante dos problemas da atualidade.

Com base no uso do petróleo, carvão, gás, lenha e energia hidrelétrica desenvolveram-se a civilização industrial e as grandes potências da atualidade. O conforto material de populações de centenas de milhões de habitantes não poderia firmar-se, como na Antigüidade, no uso de escravos. Os escravos do século XX são as máquinas e aquilo que as alimenta: energia.

Juntamente com o progresso material baseado no uso crescente de energia surgiram outros problemas, como a deterioração do meio ambiente e o esgotamento iminente da mais palpitante fonte de energia: o petróleo.

O consumo de energia reflete o grau de desenvolvimento de um país e o consumo, por habitante, o padrão de vida de seu povo. Vivemos num mundo totalmente dependente de energia. O homem, no decorrer dos séculos, deixou de usar sua energia para usar a dos animais e, hoje, depende quase totalmente da energia inanimada para seu transporte, preparo de terra e movimentação das fábricas.

A energia está presente em nossa vida diária.

Nosso corpo depende da energia fornecida pelos alimentos que ingerimos, diariamente, necessitando uma energia diária de 2000 kcal.

Nossa casa depende de energia: a água chega através de bombas, acionadas por energia; o preparo dos nossos alimentos; a lavagem e preparo de nossa roupa; a iluminação, o rádio, a televisão.

Nosso transporte e comunicação dependem de energia.

Nossa indústria depende de energia.

Nossa agricultura depende de energia. Sem ela não poderíamos usar máquinas no preparo da terra, na semeadura, na distribuição de fertilizantes, na limpeza do terreno, na colheita e seu processamento e no transporte dos produtos obtidos da terra.

Vivemos realmente na ERA DA ENERGIA. A falta de energia pararia o mundo.

---

* Professores do Departamento de Física da Faculdade de Ciências/UNESP - Câmpus de Bauru

Na crise do petróleo, a Holanda quase parou; e a Inglaterra foi obrigada a reduzir o trabalho de suas fábricas à dois dias por semana.

O progresso material nas sociedades modernas pode ser avaliado pelo seu uso de energia.

No consumo de energia incluem-se todas as formas de energia convertidas ao seu equivalente em quilogramas de carvão ou litros de óleo; por esta razão, o conteúdo energético de energia hidrelétrica (1 kWh, por exemplo) é multiplicado por 3 para ser comparado com energia do carvão ou petróleo, porque sua geração a partir destes combustíveis é feita com a eficiência de 33%. São consideradas neste estudo as formas de *energia comerciais*: hidreletricidade, carvão, petróleo e nuclear e as *não comerciais*: lenha, carvão vegetal, resíduos vegetais e esterco.

1.2. Definição de Energia

ENERGIA significa capacidade de realizar trabalho.

Ela pode ser: - Mecânica, por exemplo, quando move um automóvel.

- Química, quando provém da combustão do carvão ou petróleo.
- Elétrica: que se manifesta, por exemplo, movendo um motor.

Em Física o trabalho é definido como o produto de uma força pelo deslocamento que ela provoca num corpo, onde se considera apenas a componente da força na direção do próprio deslocamento. Como se vê o trabalho tem uma definição simples e operacional e dada uma certa força (a força da gravidade, peso de um corpo, por exemplo) e um deslocamento (uma queda livre de um corpo de massa m de uma altura h) o trabalho pode ser facilmente calculado:

Trabalho da força da gravidade = Força x deslocamento = $(m.g).h$

Energia é um conceito mais abstrato e geral que se aplica para qualquer força (gravitacional, nuclear, eletromagnética e outras). O que torna o conceito de energia mais útil é o *Princípio da Conservação de Energia* estabelecido primeiro na Mecânica e depois generalizado para incluir calor.

A utilização do esforço muscular pelo homem e, mais tarde, o uso de animais ou máquinas simples para ajudá-lo nas tarefas que necessitava realizar (como remover a terra para a agricultura, transportar materiais, construir casas e objetos, etc.) é que deu ao conceito de trabalho (e de energia) uma importância central na mecânica.

Observações mais elaboradas mostraram que a energia mecânica pode também ser transformada em outras formas de energia elétrica, magnética, química - além de térmica e que para todas vale sempre o *Princípio da Conservação de Energia*. Assim, em princípio todas as formas de energia conhecidas podem ser medidas em unidades que medem a energia mecânica.

A energia mecânica é usualmente medida em joules (J), que é o trabalho realizado por uma força de 1 newton (N) num deslocamento de 1 metro na direção desse deslocamento. Como exemplo, podemos ver que um corpo de 1 kg, que cai de uma altura de 1 metro, possui uma energia de: $E = m.g.h = 1\ kg\ .\ 9{,}8\ m/s^2\ .\ 1\ m = 9{,}8\ N.m = 9{,}8$ joules (J).

A unidade tradicional de calor é a *caloria*, que é a quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a temperatura de 1 g de água de 14,5 a 15,5°C. As experiências de Joule mostraram que para produzir *uma caloria* são necessários 4,18 J. Portanto, o nosso corpo de massa 1 kg caindo de 1 m de altura e possuindo uma energia de 9,8 J, pode transformar esta energia em 2,34 cal.

Como temos a tendência intuitiva de tomar o homem como medida de todas as coisas, é interessante ver o que estas unidades significam em termos do esforço muscular de um homem.

Durante 24 horas um ser humano necessita, para realizar as suas múltiplas tarefas (andar, trabalhar, pensar, mastigar, dormir, etc.), de cerca de 2 000 kcal (2 milhões de calorias) que ingere dos alimentos. Isto corresponde a 8 360 000 joules de energia mecânica. Esta é a energia acumulada num reservatório de água de 83 600 litros situado a 10 m de altura. Se esta energia fosse dissipada em 24 h, deixando a água escapar, o fluxo de água seria de 1 litro/segundo.

É muito conveniente definir, além de energia, outra grandeza que nos diz qual a quantidade de energia produzida (dissipada ou acumulada) por unidade de tempo. Esta grandeza é a *POTÊNCIA*, definida como:

Potência = Energia/Tempo

Tomando como base as unidades já usadas acima o *watt* (*W*) é definido como a potência de um sistema em que 1 joule por segundo é produzido. Freqüentemente utiliza-se um múltiplo do watt que é o quilowatt (kW), que equivale a 1 000 W; e a energia medida em quilowatt-hora (kWh). Com os valores acima temos que: 1 kWh = 3 600 000 J = 860 000 cal.

1.3. Fontes de Energia

A quantidade de energia necessária para atender as necessidades do homem moderno é considerável quando comparada com o mínimo necessário para garantir a sua sobrevivência. Este número, como mencionamos anteriormente, é cerca de 2 000 kcal por dia.

O consumo varia desde o mínimo, nas regiões mais atrasadas da Índia, até cerca de 200 000 kcal/dia para os habitantes dos EUA, ou seja, cerca de 100 vezes maior.

Todas as fontes de energia podem ser utilizadas direta ou indiretamente para produzir eletricidade e a maioria delas para produzir calor na indústria e na agricultura, assim como no lar. A estrutura dos custos e a proximidade dos centros de consumo determinam o interesse econômico do recurso disponível. Outras considerações que se devem levar em conta a respeito do aproveitamento das fontes de energia são as seguintes:

- os efeitos sobre o meio ambiente, porque a energia obtida mediante recursos combustíveis tende a criar mais problemas ambientais que a que se obtém com recursos de outra índole e,

- a maioria dos combustíveis constituem recursos não renováveis, ainda que os recursos não combustíveis são renováveis dentro de certos limites.

Os recursos energéticos que se reconstituem lentamente são classificados como *não renováveis*: combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural), combustíveis nucleares (urânio) e geotérmico.

São *renováveis* os recursos energéticos que podem regenerar-se mais rapidamente: lenha ou outras matérias orgânicas que se podem queimar ou converter em combustível gasoso ou líquido.

De todos os pontos de vista práticos, tem outras fontes de energia (solar, eólica e hidráulica) que são *inesgotáveis*.

A energia disponível ao homem na superfície da Terra tem sua origem em quatro fontes distintas:

a) A energia radiante emitida pelo Sol.

b) A energia das marés provenientes da energia gravitacional do sistema Lua-Terra-Sol.

c) A energia geotérmica que se origina no interior da Terra.

d) A energia nuclear.

Após passar por várias transformações (atrito, degradação térmica e etc.), a energia dessas fontes acaba por se transformar em calor na temperatura ambiente e é enviada de volta ao espaço sob a forma de radiação térmica. É por esta razão que a temperatura da Terra se mantém constante. Perturbações mais sérias neste delicado equilíbrio, como a introdução de poluentes na atmosfera (como o gás carbônico), que alterassem sua transparência, impedindo a saída da radiação térmica para o espaço acarretará um aumento de temperatura. Se a atmosfera se tornar totalmente opaca à radiação térmica, em 150 anos a água dos oceanos atingiria a temperatura de ebulição.

Exceto a energia nuclear, as fontes mencionadas acima também são renováveis, isto é, disponíveis continuamente. O Quadro 2 apresenta a energia disponível destas fontes.

QUADRO 1 - Energia das fontes renováveis

Forma de energia	x 10^{12} W
Solar	174 000
Geotérmica	32
Das marés	3

1.4. Consumo de Energia

A curva exponencial que descreve o aumento do consumo de energia pode considerar-se em função das diversas fases do desenvolvimento da humanidade como se mostra na Fig. 1.

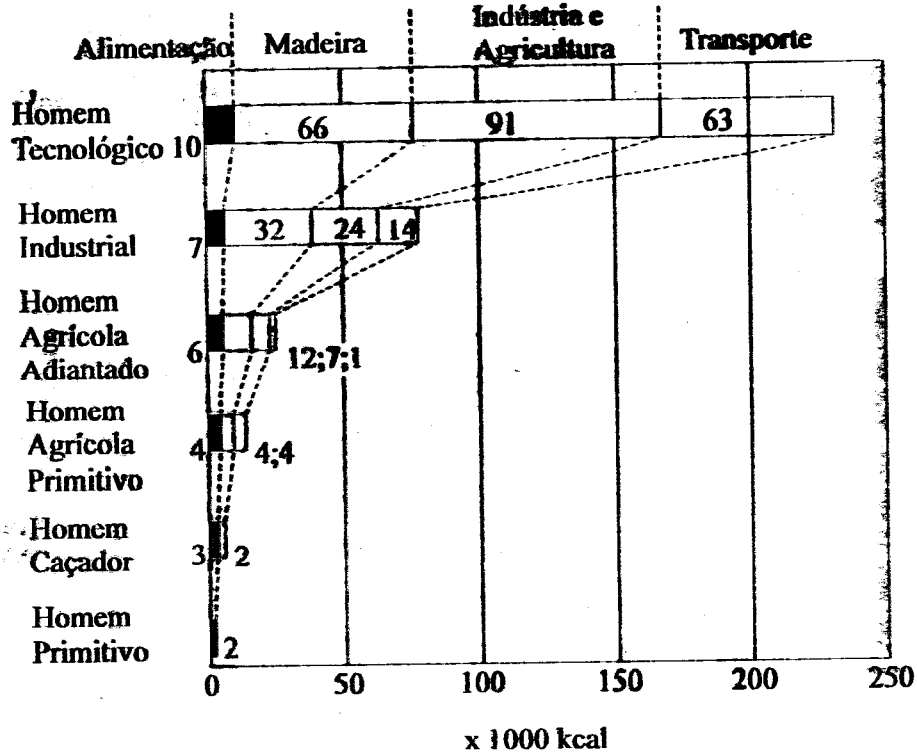

FIGURA 1 - Consumo diário de energia por pessoa em seis fases do desenvolvimento da humanidade.

Como foi citado anteriormente, pelo consumo de energia pode-se medir o desenvolvimento de um país (bem estar social, nível de vida), existindo uma correlação entre o consumo de energia e o PIB (Produto Interno Bruto)[2] e identicamente entre o consumo de energia e a Renda Nacional[3]. A Fig. 2 mostra a relação entre o PIB e o consumo por pessoa em 35 países.

Nos EUA entre 1900 e 1970, o PIB cresceu 1 100% e o consumo energético 1 400%.

No Brasil de 1959 a 1973, o PIB cresceu à taxa média anual de 8,54 %, o consumo de energia elétrica, 8,64% ao ano, e o consumo total energético apenas 6,18%. O nosso consumo, por habitante, ainda é baixo em relação a outros países como se verifica no Quadro 3.

---

[2] Produto Interno Bruto = Despesas de consumo (governo e indivíduos) + variação de estoques + aumento do investimento bruto + valores dos produtos exportados – valor dos produtos importados.

[3] Renda Nacional = Total de salários + Total de aluguéis + Total de juros + Total de dividendos + Total de Lucros

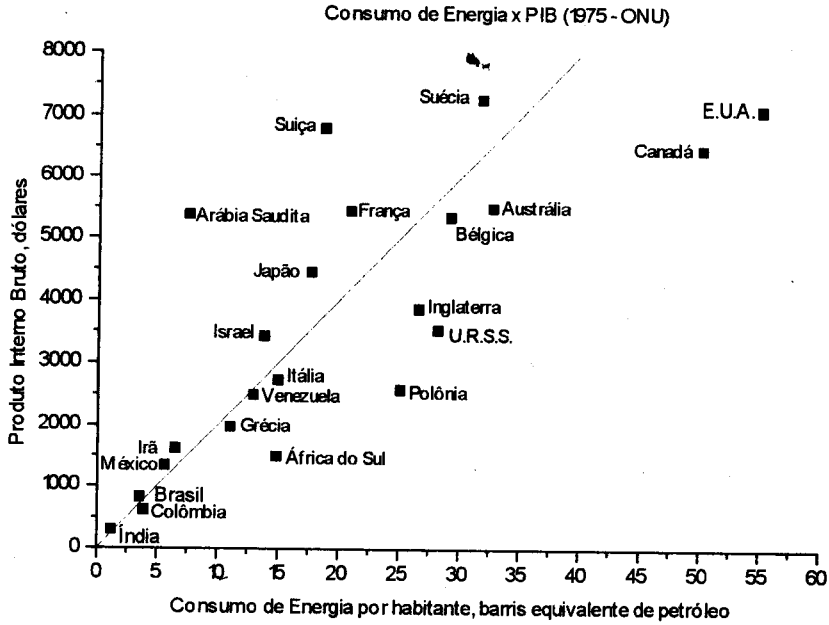

FIGURA 2 - Relação entre o Produto Interno Bruto e o consumo de energia por pessoa (Goldemberg, 1979)

QUADRO 2 - Consumo de energia no Brasil comparado com outros países

		1950	1970	1990	2010
Consumo	EUA	8 415	16 470	28 050	47 500
Trilhões de kcal por ano	Brasil	190	572	2 147	8 878
	Mundo	23 700	46 000	113 000	494 000
População	EUA	140	200	280	390
Milhões de habitantes	Brasil	52	95	153	232
	Mundo	2 100	3 500	5 500	8 700
Consumo per capita	EUA	60	82	100	122
Milhões kcal/hab/ano	Brasil	4	6	14	38
	Mundo	11	13	21	34

Cada país organiza forçosamente seus planos energéticos em função do interesse nacional; mas é importante que as nações de todo o mundo colaborem em uma análise do problema energético global, uma estratégia encaminhada a resolver os problemas energéticos e umas recomendações para o futuro. Todos os povos do mundo devem ter consciência dos possíveis efeitos futuros das decisões governamentais sobre o emprego e desenvolvimento da energia, assim como da

necessidade de cooperar em um esforço comum para fazer frente aos problemas que podem surgir a este respeito. A eficácia das tecnologias de liberação de energia dependerá dos esforços unidos de todas as nações para fazer frente a este problema, com um espírito realista e compartindo o capital e os recursos disponíveis.

2. FONTES CONVENCIONAIS DE ENERGIA

Apresenta-se, a seguir, comentários e dados colhidos na literatura acerca de fontes convencionais de energia. Entende-se por fonte convencional de energia aquela cuja tecnogia está completamente desenvolvida a custos considerados aceitáveis dentro dos padrões atuais de consumo.Todavia essa divisão em fontes convencionais, ou não, é bastante combatida perante alguns pesquisadores.

Serão abrangidas as fontes:

- Petróleo
- Carvão
- Biomassa

2-1 Petróleo

Petróleo é o nome dado a um líquido oleoso, inflamável, encontrado na natureza, geralmente abaixo da superfície terrestre, formado principalmente de carbono e hidrogênio (hidrocarboneto). Sua densidade é da ordem de 0,82 a 0,95 g/cm^3, usualmente de cor preta, chamado popularmente de óleo crú.

Com uma produção mundial de 3,2 Gtep, em 1992, o petróleo bruto é a primeira fonte de energia consumida no mundo (38%), segundo MARTIN (1992). A unidade utilizada (Gtep) é 10^9 toneladas de equivalente de petróleo. Por sua vez 1 tep é igual a 1,5 a 2 tonel. de carvão, ou 3,1 tonel.de madeira, ou 1000 m^3 de gás natural.

A Fig.3 apresenta uma composição percentual dos produtos de petróleo produzidos pelas refinarias da Petrobrás(GOLDEMBERG, 1978),onde 32% é gasolina ou óleos combustíveis, 26% é óleo diesel, 7% é gás e 4% querosene

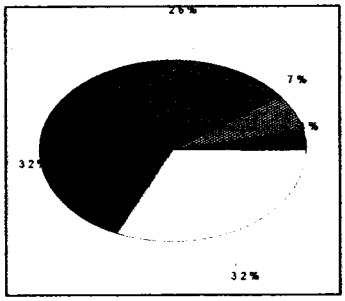

FIGURA 3- Composição percentual dos produtos de petróleo .

Na refinação é possível controlar, dentro de certos limites, as diferentes frações produzidas: o óleo crú é aquecido na base de uma torre de cerca de 25 m de altura e se evaporam primeiramente as frações mais voláteis, na parte mais alta, (gasolina) depois as médias (querosene, diesel) e por último as pesadas (graxas, óleo lubrificante). O resíduo em geral é o asfalto.

Conforme dados colhidos na International Petroleum Encyclopedia e na Estatística Brasileira de Energia (1974) tem-se as maiores reservas e produção de petróleo no mundo e comparativamente no Brasil, no Quadro 3 (RODRIGUES, 1975).

QUADRO 3- Produção e reservas de petróleo

País	Produção (milhões tonel.)	% mundo	Reservas (bilhões tonel.)	% mundo
Arábia Saudita	375	13,7	17,8	20,7
Kuwait	149	5,4	8,7	10,1
Irã	289	10,6	8,1	9,4
Iraque	97	3,5	4,3	5,0
Líbia	108	3,9	3,5	4,1
Brasil	8,9	0,3	0,1	0,01

A exploração de novas reservas brasileiras está sendo feita em áreas da plataforma continental, principalmente no Estado do Rio de Janeiro.O planejamento da Petrobrás é investir US$17 bilhões de 1991 a 1995, cumprindo a meta de produzir um milhão de barris de petróleo por dia (RIBEIRO, 1990).

A Bacia de Campos (RJ) concentra 70% das reservas brasileiras (Marlim e Albacora). A Petrobrás também intensifica os trabalhos na Bacia de Santos, Bacia do Paraná, Bacia do Solimões e Bacia Potiguar (Rio Grande do Norte e Ceará).

França de Luca, diretor de Exploração e Produção da Petrobrás, afirmou, em setembro de 1990, que o Brasil em vista do seu volume de reservas de petróleo, tem produção garantida por 25 a 30 anos.

Veja o que acontece nos Estados Unidos na Fig.4, com reservas de 200.10^9 barris.

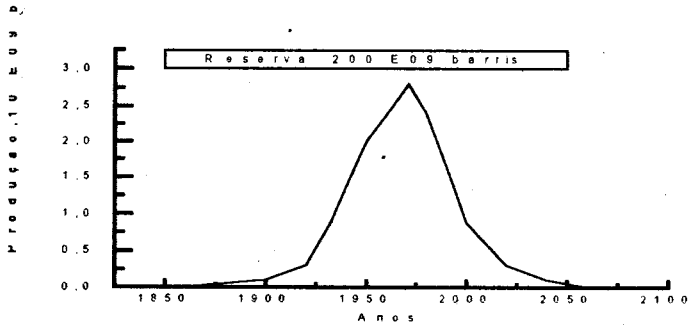

FIGURA 4 - O ciclo completo de produção de petróleo nos Estados Unidos, incluindo dados experimentais até 1971.

2-2 Carvão

Carvão mineral é o nome dado ao produto que se assemelha a uma rocha marron ou preta, resultante de resíduos florestais acumulados sob a forma de combustível natural (turfa).Esse material orgânico sepultado passou por vários processos geológicos sendo comprimido e endurecido.Se o material estiver em profundidades maiores, onde a temperatura é maior, o conteúdo de carbono também será maior, tornando melhor a qualidade do carvão.

A Fig.5 mostra as reservas mundiais de carvão, em toneladas, nas principais áreas do mundo, conforme GOLDEMBERG , 1978, onde 56% se refere à Rússia, 9% à Ásia, 19% aos EEUU, 8% à América do Norte, 5% à Europa, 1% à África, 0,7% à Oceânia e 0,1% à América do Sul.

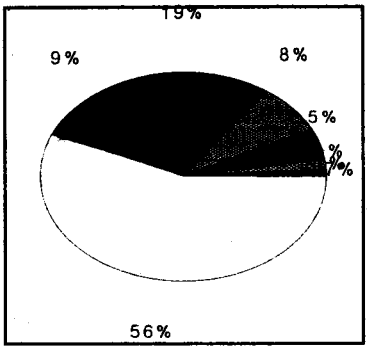

FIGURA 5- Reservas mundiais de carvão.

As reservas brasileiras são de $32,4.10^9$ tonel. sendo que 86,4% estão no Rio Grande do Sul, nas jazidas de Candiota, do Vale do Rio Jacuí e nas minas a céu aberto de Copelmi (OLIVEIRA, 1990).

No início da década de 90 foram extraídas 5.10^9 tonel. de carvão no mundo, volume bastante superior ao do petróleo, mas como os poderes calorificos dos dois combustíveis são diferentes, o carvão representa só 28% do consumo mundial (MARTIN, 1992).

2-3 Biomassa

O termo biomassa refere-se a toda matéria orgânica proveniente dos reinos animal e vegetal. Considerando a utilização da biomassa para fins energéticos serão enfocadas as culturas e os resíduos.

Como cultura de sacarídeo, a principal no Brasil é a de cana de açúcar, matéria prima para a produção do álcool etílico.O fato da indústria canavieira se desenvolver bastante proporcionou um elevado rendimento em álcool, obtido por

fermentação direta do caldo, além da obtenção de uma grande fonte supridora de energia no processo:o bagaço, o qual torna positivo o saldo energético da produção de álcool a partir da cana.

O rendimento médio da plantação de cana de açúcar, no país é considerado baixo comparado com outros países produtores (50 tonel./ha), devido ao plantio de variedades inadequadas e ausência de práticas agrícolas (MENEZES,1980).

Os principais produtos obtidos da cana estão na Fig.6.

		Produtos		Sub-produtos
		90 kg. açúcar	===>	300 kg. bagaço
1 tonel. cana de açúcar	==>	45 kg. melaço		
			===>	156 l vinhaça
		12 l álcool		
	==>	67 l álcool	===>	300 kg. bagaço e 870 l vinhaça

FIGURA 6- Produtos da cana de açúcar

Como cultura sacarídea deve-se também citar o sorgo, espécie vegetal da família das gramíneas, de origem tropical, cujo caule é matéria prima para a fermentação e produção de álcool etílico.

Como culturas amiláceas citam-se a mandioca, o babaçu, a batata doce e o milho todas utilizadas como alternativas para a produção de álcool.Todavia balanços energéticos realizados desaconselham a produção do álcool etílico a partir de matérias amiláceas (TOSELLO, 1978).

As culturas oleaginosas englobam plantas produtoras de óleos vegetais como amendoim, algodão, mamona, girassol e outras. O óleo de mamona, face às suas características de resistência às variações de pressão e temperatura e também pela sua alta viscosidade, tem sido usado em tratores com motores de ciclo diesel.

Os principais resíduos agrícolas são aqueles resultantes da colheita e do processamento de alguns vegetais. Algumas culturas como a cana de açúcar, milho, arroz e soja tem resíduos que apresentam grandes potenciais, permitindo sua utilização econômica.

O principal resíduo a ser analisado é o bagaço de cana.É o resíduo resultante da moagem da cana, empregado como combustível em regiões produtoras de açúcar, para gerar vapor.Como se mostrou na Fig.6 para cada tonelada de cana obtém-se 300 kg de bagaço que fornece economia apreciável como se pode observar pelo estudo comparativo com o óleo APF: na safra 91/92, a Usina da Barra moeu 6,2 milhões de toneladas de cana (recorde de moagem) resultando $1,86.10^9$ kg de bagaço.O poder calorífico do óleo citado é 10500 kcal/kg e o do bagaço com 30% de umidade é de 3600kcal/kg, concluindo-se que cada tonelada de óleo APF equivale a 2,92 toneladas de bagaço ou uma economia de $6,37.10^5$ toneladas de óleo combustível.

Em 1979, de acordo com MENEZES, o país possuia na região Norte-Nordeste, 71 usinas, das quais 4 utilizavam a madioca como matéria prima, sendo as restantes de cana. Dois anos depois HOMEM DE MELLO cita 112 usinas, num total de 2364,2 milhões de litros por safra. MENEZES (1979) indica 147 usinas na região Centro-Sul das quais 7 usavam a mandioca e somente 1 o babaçu. Já HOMEM DE MELLO levanta 224 usinas totalizando 4426,4 milhões de litros de álcool, sendo 12 cuja matéria prima era a mandioca e ainda só uma o babaçu (1991).

Uma das saídas alternativas para o Brasil é a substituição da matéria prima derivada do petróleo por vegetais, para isso deve-se intensificar as pesquisas da biomassa.

3. FONTES NÃO CONVENCIONAIS

3.1. Energia Solar

A principal fonte de energia da Terra é o Sol, que é responsável por mais de 99% do seu valor energético. Da energia solar decorrem os combustíveis fósseis e vegetais; a biomassa, as energias hidráulica e eólica etc.

OKUNO (1986) observa que cerca de 30 a 35% da energia solar incidente é diretamente refletida e volta ao espaço, na forma de radiação ultravioleta. Aproximadamente 47% dela é absorvida pela atmosfera, pela superfície terrestre e pelos oceanos e convertido em calor, determinando a temperatura ambiente. Outros 23% são consumidos na evaporação, convecção, precipitação e circulação da água, formando o ciclo hídrico. Uma pequena fração, 0,2% provoca convecções e circulações atmosférica e oceânica, produzindo ondas oceânicas, e finalmente é dissipada sob forma de calor devido ao atrito. Cerca de 0,02% é absorvida pela clorofila das plantas e de alguns microorganismos, iniciando o processo de fotossintese.

Segundo OKUNO (1986) o uso direto de energia solar para produção de energia comercial tem três atrativos principais: 1) rentabilidade quase infinita; 2) produz menor impacto ambiental e 3) aplicação regional (diminuindo a necessidade de transporte através de grandes distâncias)

Alguns equipamentos simples para obter a concentração do calor do Sol, como afirma BRANCO (1992), datam do século XV e são baseados na propriedade que possui o vidro de ser ao mesmo tempo transparente e isolante. Exemplo disso temos as estufas usadas no cultivo de plantas ornamentais e frutíferas durante o inverno na Europa.

A aplicação da tecnologia para o aproveitamento direto da energia solar começou com o uso da lente convergente e do espelho para concentrar e/ou refletir os raios solares para produção de calor. De acordo com OKUNO (1986) a primeira bomba térmica acionada pelo Sol foi desenvolvida em 1615 por um engenheiro francês. Em 1913, uma grande máquina solar de mais de 40 KW, foi usada para acionar bombas de irrigação no Egito até por volta de 1925 quando essas máquinas

solares perderam seu atrativo devido ao preço mais baixo das máquinas a combustíveis fósseis.

No deserto ao norte do Chile em 1872, foi construída segundo OKUNO (1986) uma destilaria que produziu durante 40 anos 6.000 galões/dia de água potável a partir de água salobra.

O aproveitamento da energia solar pode ser feito de duas maneiras:

1) aproveitamento direto: luz, fotoquímica, fotoeletricidade, termoeletricidade

2) aproveitamento indireto: através da biomassa, do vento, das marés, dos gradientes de temperatura da água dos oceanos, dos combustíveis vegetais e fósseis etc.

3.1.1. Produção de Calor

O método mais antigo de aproveitamento da energia solar é o que se baseia no .efeito estufa. usado pelos agricultores há séculos. O mesmo princípio pode ser usado para aquecer água para fins residenciais (ou industriais) por meio de coletores solares. A luz solar atravessa uma placa de vidro e incide numa superfície metálica pintada de preto, na qual tubos (também metálicos) são soldados e dentro dos quais circula a água ou o ar a ser aquecido.

STOUT (1980) observa que a perda de calor é um fator importante a se observar. Ao aumentar a diferença de temperatura entre a placa negra e o ar exterior aumenta também o volume de calor perdido devido a condução, convecção e a radiação, reduzindo com isso o rendimento do coletor

Como exemplo desse coletor tem-se os:

coletores térmicos planos: muito usados em sistemas de aquecimento de água para várias finalidades. Nesse captador de energia a temperatura de aquecimento atingida pela superfície que absorve a luz solar varia entre 50 e 150° C e apresenta uma eficiência de 50%

coletores térmicos focalizantes : utilizam a propriedade de reflexão das superfícies para concentrar a energia solar em regiões limitadas. Podem ser constituídos por espelhos planos ou parabólicos ou possuir um sistema de lentes que concentra a radiação solar num ponto focal ou numa linha focal. Pode-se obter temperaturas bastante elevadas. São geralmente mais caros e é necessário que sejam móveis para seguir o movimento solar coletando a maior parte da radiação direta, pois não operam com a radiação espalhada.

De modo geral, os coletores térmicos podem ser utilizados para aquecer água para os consumos doméstico e industrial ou para produzir vapor para acionar turbinas geradoras, ou bombas de irrigação etc.

3.1.2. Produção de Eletricidade

Grandes investimentos tem sido feitos na pesquisa de métodos para transformar energia solar em energia elétrica. BRANCO (1992) descreve dois métodos empregados nesses processos:

1) uso da energia solar concentrada, para aquecer caldeira a vapor. Neste caso a conversão é realizada em usinas que recebem a denominação de torres de energia. A energia é obtida através de uma grande área de espelhos que refletem a luz solar, dirigindo-a para uma caldeira de aquecimento de água situada em uma estrutura elevada. Os inúmeros espelhos são orientados de modo a captar a luz do Sol em todas as posições na sua trajetória diurna, mantendo sempre um ângulo que reflita os raios em direção à caldeira. O vapor d'água, a altas pressões, produzido faz girar as turbinas geradoras de corrente elétrica. O maior inconveniente é que eles só tem rendimento em locais de poucas nuvens, uma vez que os espelhos só refletem os raios diretos do Sol e não a luz difusa. Necessitam de áreas muito grandes para a colocação dos inúmeros espelhos ;

2) conversão direta das radiações solares em energia elétrica: através de células fotovoltaicas em que a luz solar produz diretamente uma corrente elétrica. São formadas por cristais semicondutores (de silício ou germanio) associadas em série e paralelo para dar valores desejados de corrente e tensão nos seus terminais. Usada nos satélites artificiais que, assim dispõem de uma fonte permanente de energia, para os equipamentos de bordo.

GOLDEMBERG (1992) ressalta que, segundo alguns especialistas, como Denis Hayes, diretor do Instituto de Pesquisa de Energia do Colorado, EUA, células fotovoltaicas constituem os mais promissores sistemas de captação de energia atualmente, pois, não consomem combustíveis, não possuem sistemas ou partes móveis (turbinas, dinamos e outras peças que se desgastam) não provocam poluição, trabalham a temperatura ambiente, tem longa duração, não necessitam de manutenção e são fabricadas de silício, o 2º mais importante elemento da crosta terrestre.

3.2. Energia das Marés

A ação gravitacional da Lua e do Sol sobre a Terra, associada ao movimento de rotação desses corpos celestes, produz movimentos periódicos nos mares e oceanos. A esses movimentos dá-se o nome de maré astronômica. Em alguns locais chegam a produzir enormes deslocamentos de massas de água, que podem ser utilizados para a geração de energia.

Para RODRIGUES (1975) o aproveitamento energético é obtido de modo semelhante ao hidrelétrico. Forma-se um reservatório junto ao mar, através da construção de uma barragem com casa de força (turbina + gerador). Na maré alta a água enche o reservatório passando pela turbina e produzindo energia. Na maré baixa a água esvazia o reservatório passando novamente pela turbina, em sentido contrário ao do enchimento, e produzindo energia.

A energia das marés pode ser aproveitada onde existem marés com grande diferença de nível entre a maré baixa e a maré alta e onde o litoral apresenta condições para a construção econômica do reservatório. Segundo RODRIGUES (1976) no Brasil temos grandes amplitudes das marés em:

São Luiz - Baía de São Marcos (Maranhão) .....6,8 m
Tutóia ..... .5,6 m

Nessas regiões a topografia do litoral não favorece a construção econômica de reservatórios, o que impede seu aproveitamento de acordo com RODRIGUES (1975).

A máxima energia que se pode retirar dos mares através da geração de eletricidade pela água represada por barragens adequadas é segundo GOLDEMBERG (1991) é dada pela expressão:

$$E_{MAX} = \eta \rho R^2 S$$

onde,

ρ = densidade da água do mar
g = aceleração da gravidade
R = altura da maré
S = área total do reservatório
η = eficiência da energia mecânica em eletricidade

Para GOLDEMBERG (1991) o comprimento (L) da barragem necessária para aprisionar a água depois que é elevada pela maré é um fator importante a se considerar. Um valor pequeno para o parâmetro L/S é sempre desejável

A capacidade mundial de produção de energia elétrica por marés, segundo GOLDEMBERG (1991) é estimada em 3.10^6 MW dos quais cerca de 1.10^6 em baías e estuários

3.3 . Energia Eólica

A utilização da energia eólica no acionamento de dispositivos para bombeamento, irrigação e moagem de cereais remonta à antigüidade.

Muitos países ampliaram suas fronteiras e obtiveram grande prosperidade utilizando a energia dos ventos como propulsora de suas embarcações atingindo até mesmo regiões nunca antes exploradas.

Na Europa Ocidental de acordo com BRANCO (1992) os moinhos de vento são usados desde o século XII para movimentar enormes mós ou discos de pedra que girando, trituram grãos de trigo e outros cereais para fabricar a farinha.

Além dos clássicos moinhos de vento, que continuam sendo usados, em muitos países do hemisfério Norte como afirma BRANCO (1992), diversos tipos de cata-ventos tem sido empregados, geralmente, para extrair água de poços - a maior parte do que vemos funcionando, principalmente no interior de São Paulo, em áreas de atividade pecuária - ou ainda, os mais sofisticados, para a geração de energia elétrica.

•O recente ressurgimento do interesse mundial pelos sistemas de conversão de energia eólica é explicado, em parte, pela procura de .novas. fontes de energia desencadeada pela crise do petróleo e as vantagens que hoje esses sistemas podem oferecer tendo em vista o grande desenvolvimento tecnológico obtido.

Segundo GOLDEMBERG (1991) a estimativa global do potencial energético contido nos ventos é de 1.000 000 MW energia esta que é renovável e não poluente.

Em países como a Dinamarca, Holanda, França e Estados Unidos já existem sistemas para o aproveitamento dos ventos para a produção de eletricidade em grande escala.

Segundo a Folha de São Paulo (1985) em São Francisco, na Califórnia, há em funcionamento mais de 2.500 turbinas com capacidade geradora de 150 MW . MOLHER (1985) informa que mais de mil moinhos operaram na Dinamarca nos últimos 8 anos. Estes moinhos são, na maior parte, equipados com geradores que produzem eletricidade.

A energia eólica embora inesgotável, não é contínua nem uniforme. Os ventos variam com a estação do ano e té mesmo em um dia. O armazenamento de energia torna-se essencial, a menos que a energia seja para bombear água. O bombeamento de água pode ser feito, como diz GOLDEMBERG (1991) para irrigação ou para reservatórios de onde poderiam ser utilizados na geração de energia elétrica por meios convencionais. A energia pode também ser usada para a produção de hidrogênio. O armazenamento em baterias, recurso para o problema da intermitência é feito atualmente em zonas rurais e só tem significado em pequena escala.

3.3.1. Ventos

A energia solar recebida continuamente pela Terra como diz BRANCO (1992) é a principal responsável pelos fenômenos meteorológicos e vitais que ocorrem na sua superfície. Os ventos, por exemplo, são causados pela diferença de pressão atmosférica resultante do aquecimento diferenciado da massa de ar em diferentes regiões do planeta. Nos locais mais aquecidos o ar se dilata e sobe, tornando-se mais rarefeito e leve: ocorre uma queda de pressão atmosférica local. Nas regiões mais frias o ar está mais condensado, com maior pressão, e portanto, com tendência a escapar para as áreas mais rarefeitas, originando deslocamentos na forma de ventos.

Ainda de acordo com BRANCO (1992) a direção dos ventos pode sofrer alterações devidas ao próprio movimento de rotação da Terra e a características de relevo e superfícies locais.

A intensidade dos ventos varia com a altura em relação á superfície, pois o escoamento do ar sofre efeitos da rugosidade e das barreiras naturais (ou artificiais) do terreno. Uma superfície rugosa (como a grama, arbustos, etc.) produz um atrito maior que uma superfície lisa (como a de um lago) e quanto maior for esse atrito menor será a velocidade do vento próximo à superfície e quanto maior for a distância em relação à superfície maior a velocidade dos ventos.

Mudanças no relevo do local (montanhas, vales, colinas etc.) podem, eventualmente, resultar numa energia positiva, por exemplo, na intensificação do potencial eólico em um vale que atua como canalizador dos ventos

A potência eólica está relacionada com a velocidade dos ventos o que justifica a preocupação de se instalar cata- ventos em locais favorecidos por ventos de

certa constância e intensidade pelo menos moderada.No Brasil a região costeira nordestina é, neste particular, como diz MACINTYRE (1983) muito favorecida, embora a utilização de cata-ventos possa também ser feita com proveito ao longo de grande parte do restante do litoral do país, como também em vastas regiões no interior.

3.3.2. Motores Eólicos

Os motores eólicos são maquinas de fluxo que tem como finalidade o aproveitamento da energia eólica.

A máxima fração de potência que pode ser extraída por um gerador eólico, com eixo horizontal ,foi demonstrada por BETZ em 1927 e expressa pela relação:

$$P_{max} = 0{,}37\ Av^3$$

onde,

A = superfície útil do motor

v= velocidade média do vento

Na realidade, afirma GOURIÈRES (1982) a potência dos aeromotores mais perfeitos não ultrapassa , em geral, 60 a 70% da potência máxima calculada pela fórmula de Betz.

Os motores eólicos utilizados para captar a energia dos ventos podem ser classificados em :

- máquinas à eixo horizontal e máquinas à eixo vertical de acordo com a orientação do eixo de rotação em relação à direção do vento

Dentro dessa classificação distingue-se:

-rotor Savonius

rotor de eixo vertical. Compõe-se essencialmente, de dois semi-cilindros cujos eixos são dispostos de forma a juntá-los. Útil para bombear água.

-rotor Darrieus

rotor de eixo vertical. Baseia-se no princípio definido pelo cientista Darrieus durante a década de 20. Darrieus utilizou uma barra horizontal contendo em cada extremidade uma lâmina vertical de secção semelhante à de uma asa de avião fixada pelo centro no topo de um eixo vertical. Esta disposição apresenta a vantagem de não depender da direção do vento e a desvantagem que, a maioria , necessita de um impulso para começar a girar.

-turbina de pás múltiplas

surgiu à partir de 1870 na América e depois na Europa. Apresenta 15 a 40 pás no eixo horizontal. Desenvolve potências relativamente baixas pois operam com ventos de velocidades entre 3 e 7 m/s. Indicado para bombear água.

-hélice de grande velocidade:

possui duas ou três pás aerodinâmicas no eixo horizontal. Para operar precisam de ventos com velocidades à cima de 5m/s. Rendimento máximo é de 47%. Adequado à produção de eletricidade.

4. ENERGIA ELÉTRICA

Por volta de 1820 o físico dinamarquês HANS CHRISTIAN OERSTED descobriu que uma corrente elétrica tem a ela associada um campo magnético, ou seja, uma corrente elétrica circulando através de um condutor produz ao redor deste um campo magnético.

A partir da descoberta de OERSTED o físico e químico inglês MICHAEL FARADAY começou a investigar se o problema inverso ocorria, isto é, se um campo magnético poderia produzir uma corrente elétrica. Após aproximadamente 10 anos de pesquisa, FARADAY concluiu que um campo magnético variável produz em um condutor, uma corrente elétrica.

A descoberta de FARADAY na Inglaterra, quase que simultânea a de JOSEPH HENRY, na América, demonstraram a possibilidade de transformar diretamente a energia mecânica em energia elétrica, mediante o emprego de aparelhos denominados geradores.

Somente cerca de 50 anos depois das experiências de FARADAY e HENRY, foram desenvolvidos geradores para fins comerciais. A utilização dos geradores elétricos é enorme, em razão da grande variedade de aplicações da energia elétrica nos mais diversos ramos de atividade humana, pois a eletricidade é uma forma de energia que pode ser rapidamente transformada em outra qualquer como: química, mecânica, térmica ou luminosa.

Pode ser transmitida a grandes distâncias com pequenas perdas (cerca de 14,7% no Brasil enquanto nos países desenvolvidos as perdas entre a geração e a distribuição são da ordem de 7%, de acordo com dados fornecidos pela Revista Veja - Janeiro de 1993). Outros aspectos importantes a serem considerados são:

- a vantagem de poder ser produzida em condições mais favoráveis junto aos locais que fornecem o combustível, ou a força mecânica necessária a sua produção;

- sua utilização não está sujeita a fumaça, cinzas, ou qualquer outra espécie de resíduo, tornando as instalações elétricas limpas e apresentáveis.

Portanto, apesar de não ser extraída diretamente da natureza, a eletricidade é a mais versátil forma de energia para força motriz, iluminação, aquecimento, transporte, etc, ou seja, para utilização em escala industrial.

4.1. TIPOS DE USINAS ELÉTRICAS.

Existem dois tipos básicos de usinas elétricas:
- as Hidrelétricas
- as Termelétricas

4.1.1. HIDRELÉTRICAS

As usinas hidrelétricas utilizam o potencial hidráulico para movimentar os geradores e apresentam como vantagens principais:

- a renovação contínua, decorrente da recorrência do ciclo hidrológico;
- o baixo custo do funcionamento e manutenção das usinas que dispensam combustíveis e sistemas de resfriamento;
- a ausência da poluição.

4.1.2. TERMELÉTRICAS

Utilizam a pressão do vapor produzido por queima de combustíveis fósseis ou por reator nuclear.

O funcionamento das usinas a vapor independe da existência de água em grandes quantidades, podendo fornecer energia durante o ano todo. Como podem ser construídas praticamente em qualquer lugar, o problema da transmissão fica bastante reduzido.

Quase todos os países usam as duas espécies de usinas, em proporções variadas. Assim por exemplo: no Canadá, Noruega, Suécia e Suíça, as hidrelétricas produzem mais de 80% da energia elétrica total, enquanto as termelétricas participam com 98% no Reino Unido, mais de 80% nos Estados Unidos, Alemanha e países que formavam a antiga URSS, cerca de 70% no Japão. Na França e Itália, os dois sistemas respondem por parcelas aproximadamente iguais.

No Brasil, predomina a geração hidrelétrica com mais de 90% do total, com grau de eletrificação semelhante aos países industrializados e com recursos hidrelétricos disponíveis até por volta dos anos 2015 a 2020, de acordo com previsões do Prof. Joaquim Francisco de Carvalho, ex-diretor da Nuclen. (Revista Mundo Elétrico - Outubro de 1981).

Nos primórdios da indústria de energia elétrica, a geração hidrelétrica era sensivelmente mais barata que a térmica, mas a partir dos anos 30 e sobretudo após a 2ª Grande Guerra Mundial, a tecnologia da geração térmica foi desenvolvida de forma tal que o custo das operações das termelétricas decresceu notavelmente e, juntando-se ao fato da redução das possibilidades de aproveitamento hidrelétrico nos países desenvolvidos, proporcionaram um crescimento vertiginoso na utilização das usinas termelétricas.

Contudo, a partir de 1973, o preço do petróleo foi praticamente quintuplicado, resultando em sérios problemas para as empresas de energia elétrica, em virtude das dificuldades de utilização do carvão e de usinas solares, geotérmicas, das marés e ventos, cuja tecnologia se encontrava pouco desenvolvida, daí a busca de alternativas que pudessem minimizar os efeitos da crise desencadeada.

4.2. ENERGIA NUCLEAR.

Considerada pelos especialistas como uma fonte não-convencional, a nuclear é certamente a forma de energia mais concentrada à disposição do homem. Tal energia pode ser utilizada para provocar o aquecimento de um fluido, produzindo energia mecânica que pode ser transformada em energia elétrica.

Portanto, o combustível nuclear executa papel idêntico aos combustíveis fósseis como o carvão e petróleo nas usinas termelétricas.

A energia nuclear pode ser obtida por dois processos:

- Fissão nuclear
- Fusão nuclear

4.2.1. FISSÃO NUCLEAR

O núcleo de um átomo pesado é separado em dois ou mais fragmentos. A energia nuclear de fissão, cujo desenvolvimento, nos Estados Unidos começou praticamente no início da década de 40, com objetivos puramente militares, possibilitou a primeira explosão nuclear no campo de provas nas proximidades de Los Alamos, num deserto do Novo México, na madrugada de 16 de julho de 1945.

A intensidade luminoso foi de tal ordem que vários quilômetros do local, em Alamogordo, uma menina cega de nascença, teria exclamado: .Vejo a luz !..

06 de agosto de 1945 - Hiroshima

08 de agosto de 1945 - Nagasaki

O mundo entra tragicamente na Era Nuclear !

Uma reação característica é:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n + \Delta E$$

A reação começa quando um átomo de U ao absorver um neutron, adquire instabilidade e se fragmenta (fissão) em dois elementos, três neutrons e a quantidade de energia ΔE:

com $\Delta E = \Delta m.c^2$ (Equação de Einstein)

onde $\Delta m = M_i - M_f$

M_i = Massa inicial e M_f = Massa final

c = Velocidade da luz no vácuo = 300.000 Km/s

A partir da equação anterior pode-se mostrar que: a queima de uma tonelada de carvão (energia produzida = 3×10^{10} J) é energeticamente equivalente a 37,5g de ^{235}U.

4.2.2. FUSÃO NUCLEAR

A energia é obtida pela união de dois núcleos leves para formar outro mais pesado. Esse processo é responsável pela energia emitida pelas estrelas, entre elas o Sol.

A quantidade de energia liberada na fusão também pode ser calculada pela equação de Einstein.

Um dos componentes básicos de uma reação de fusão é o deutério

$(D = {}^{2}_{1}H)$

isótopo estável de hidrogênio que pode ser encontrado na água do mar na razão de 1 átomo de deutério para 6500 átomos de hidrogênio. Pode-se mostrar que a energia liberada pela fusão de todos os deutérios existentes em um metro cúbico de água do mar corresponde aproximadamente a 2000 barris de petróleo.

Bibliografia:

PAGY, A. et al. .Análise Econômica da Substituição de Derivados de Petróleo por Eletricidade - Revista Mundo Elétrico, N.280, Editora Técnica Gruenwald Ltda, São Paulo, Janeiro de 1983, p.23 - 30.

RENNO, F. N. & ALCKIMIN. .A Crise Energética e as Indústrias com Geração Própria, Revista Mundo Elétrico, N.262, Editora Técnica Gruenwald Ltda, São Paulo, Julho de 1981, p.24 - 31.

Bibliografia:

BRANCO, S. M. Energia e Meio Ambiente. Editora Moderna Ltda.1992

GOLDEMBERG, J. Energia no Brasil. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro. 1979. 171p.

GOURIÈRES, D. LE. Energie Eolienne.Editora Eyrolles. Paris.1982

HOMEM DE MELLO,F.,FONSECA,E.G.As soluções energéticas a partir de 1975.In:--Proálcool,Energia e Transportes Estudos Econômicos . FIPE / PIONEIRA, p.5-49.

MACINTYRE, A. C. Máquinas Motrizes Hidráulicas. Editora Guanabara Dois. 1983.

MARTIN,J.M. A Economia Mundial da Energia. São Paulo: Editora Unesp, 1992. 135p.

MENEZES,T.J.B. Etanol, o combustível do Brasil.São Paulo: Editora Agronomica Ceres Ltda,1980.233p.

OKUNO, E ; CALDAS, I. ;CHOW, C. Física para Ciências Biológicas e Biomédicas. Editora Harbra Ltda. 1982

OLIVEIRA,M. Abertura à importação amplia crise do carvão.Brasil Mineral, São Paulo, n.82,p.12-16,1990.

RIBEIRO,I. Petrobrás: novos investimentos para retomar metas.Brasil Mineral, São Paulo, n.2,p.12-15,1990.

RODRIGUES, E. C. Crise Energética. Coleção Brasil em Questão. Livraria José Olímpio Editora S.A. Rio de Janeiro. 1975. 188p.

STOUT, B. A. et al. Energia Para La Agricultura Mundial. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. Roma. 1980. 303p.

TOSELLO,A. A transformação da biomassa em álcool etílico: uma solução? O Estado de São Paulo,São Paulo, 22.01.1978. Suplemento Cultural,p.5-6.