

# Fixação da energia solar

Alberto F. Lima / Wolfgang G. Glasser

A fixação de energia solar pela biomassa representa um grande potencial energético armazenado em nossas florestas. Em países com condições climáticas favoráveis, e seguindo-se técnicas atualizadas de silvicultura, pode-se ter uma taxa até 3,0% em conversão de energia solar.

Usando-se uma floresta circular com um raio aproximado de 60 km, de uma espécie vegetal que apresente um rendimento anual em biomassa da ordem de 100 t/ha, teríamos o equivalente energético ao nosso consumo anual de petróleo. Ainda reflorestando somente 0,93% do território nacional obteríamos um equivalente energético ao do Irã, um dos maiores produtores petrolíferos.

A história da humanidade está relacionada com o uso da energia desprendida ao se queimar um combustível. Os combustíveis são originados de matéria orgânica ou são obtidos industrialmente de substâncias orgânicas e então usados para produção de calor e energia. As fontes de energia são divididas em dois grupos: não-renováveis e renováveis. O primeiro grupo é representado pela energia nuclear e pelos combustíveis fósseis (carvão, xisto, petróleo, gás natural), sendo os combustíveis fósseis energia captada por vegetais há milhões de anos e armazenada nas profundezas da terra. No segundo aparecem os combustíveis vegetais, a energia solar e hidráulica.

Atualmente, os combustíveis fósseis, principalmente o petróleo e o carvão, contribuem

**Uma floresta circular de 60 quilômetros de raio pode produzir energia equivalente ao consumo anual de petróleo no Brasil. A biomassa é a fonte de energia mais barata, explica o autor deste artigo. Especialmente aqui, onde o clima e a extensão territorial fornecem boas condições para aproveitamento do potencial energético das florestas.**

com a maior parte da energia consumida mundialmente. No Brasil, as parcelas de energia gerada por combustíveis fósseis e por fontes renováveis equilibram-se.

Os combustíveis derivados do petróleo, óleo e gases, apresentam um grande conveniente para a indústria química atual: a facilidade de transporte através de tubos. Entretanto, o petróleo apresenta algumas reservas esgotando-se, resultando em um alto custo de extração, aliado a altas taxas de comercialização.

Como consequência de tais fatos, olha-se com maior atenção para o valor combustível da madeira.

O objetivo deste artigo é avaliar o potencial energético da biomassa no Brasil obtido através da fixação de energia solar e ainda compará-lo com o consumo nacional de petróleo, evidenciar alguns aspectos tecnológicos visando à viabilidade técnica de plantações destinadas à produção de energia e produtos químicos.

Todo corpo na superfície terrestre recebe durante o dia irradiação solar direta, prove-

niente do disco solar, ou indireta, refletida e difundida pelo solo ou pela atmosfera e nuvens.

Os vegetais armazenam uma fração desta energia solar sob a forma de energia de ligação entre átomos nas moléculas de compostos orgânicos tais como: amido, sacarose. Os valores estimados da eficiência em conversão de energia solar para alguns vegetais estão na tabela 1.

Para seu cálculo foi admitida uma taxa média de insolação de 35,3 milhões Kcal (quilo-caloria) por hectare por dia e valores de produtividade médios para cada espécie. Pode-se conseguir taxas de conversão de energia solar na faixa de 0,3 a 3,0% como relata Evans, em "Energy Plantations". Os fatores mais importantes são as condições climáticas e as práticas de silvicultura. As florestas remanescentes no Brasil cobrem cerca de 40% de sua área, sendo 77% deste valor matas amazônicas.

Em 1975 a área reflorestada era estimada em 2 milhões de hectares, estando concentrada em: São Paulo (32%), Paraná (28%), Minas Gerais (22%) e Santa Catarina (11%).

Não são disponíveis dados discriminativos

das espécies plantadas, mas segundo estatísticas do IBDF, 60% das mudas seriam de Eucalipto, 30% de Pinus e os 10% restantes de outras espécies.

O rendimento médio em madeira com casca para o Pinus é de 20 t/ha aos sete anos, enquanto o Eucalipto da mesma idade chega a 100 t/ha. Estes rendimentos dependem diretamente das técnicas de silvicultura aplicadas. O Pinus spp. e a Araucária angustifolia, além de serem utilizados na indústria de celulose, são matérias-primas para serraria, aglomerados, compensados etc.

O Eucalipto tem a sua utilização dependente da estrutura industrial de cada Estado. Assim é o caso do Estado de Minas Gerais onde 70% da produção de madeira são utilizados para produção de carvão vegetal.

Os cerrados e as matas nativas remanescentes contribuem com pequenas parcelas na industrialização de carvão vegetal, produtos de serraria e na construção civil.

Se toda a área florestal, cerca de 352,3 milhões de hectares, apresentar um crescimento médio de 8 t/ha/ano, obteremos um consumo de 2,8.10<sup>6</sup> t de madeira por ano. O consumo previsto para 1976, 44 milhões de toneladas, equivale a 1,57% dessa produção anual.

Como vemos, a indústria de transformação de madeira obtém rendimentos baixos. A madeira apresenta um custo por milhão de Kcal inferior a outras fontes de energia. (Tabela 2)

# Tabelas

## 1. Valores da eficiência em conversão de energia solar para vegetais

ESPECIE	PRODUTIVIDADE (t/acre-ano seco em estufa)	CALOR DE COMBUSTAO (Kcal/kg)	CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR ESTIMADA (%)
MILHO	6 - 10	3.600	0,45
CANA-DE-AÇÚCAR	20	3.600	1,20
CONÍFERAS	—	3.300	0,30
FOLHOSAS	—	3.100	0,50

## 2. Custo aproximado por milhão de Kcal para algumas fontes de energia

MATÉRIA-PRIMA	CALOR DE COMBUSTAO Kcal/kg	CUSTO Cr\$/kg	CUSTO Cr\$/milhão Kcal
Óleo combustível	10.480	1,50	143,00
Carvão vegetal	7.250	1,00	138,00
Gasolina	11.520	6,00	521,00
Etanol anidro	6.450	4,00	620,00
Biomassa seca	4.030	0,30	74,00
Eletricidade	—, —	—, —	761,00

1 US\$ equivalente a Cr\$9,70 (1975)

## 3. Biomassa requerida

1 t de madeira	4.10 <sup>6</sup>	Kcal
1 t de petróleo	10,4.10 <sup>6</sup>	Kcal
Consumo anual de petróleo no Brasil	41580	mil t
Consumo energético anual	433.10 <sup>12</sup>	Kcal
Biomassa requer./ano (equiv. consumo de petróleo).	109.10 <sup>6</sup>	t

Na estimativa de custo (tabela 2) por milhão Kcal para a biomassa foi utilizado o custo da madeira empregada nas indústrias de celulose, cerca de Cr\$ 300,00 por tonelada (valor fornecido pela Indústria de Papel Simão S/A). Este valor pode ser um pouco alterado considerando-se alguns fatores como a variação dos custos de transportes, região, época do ano, etc. Para o item eletricidade foi empregada a taxa de fornecimento industrial da ordem de Cr\$ 655,00 por mil kw.h, admitindo-se ainda que 1 kw.h corresponde a 860 Kcal.

Para efeito comparativo utilizou-se os valores comerciais para as outras fontes de energia.

O Brasil consome anualmente cerca de 315 milhões de barris (41.580.000 toneladas) de petróleo. A Tabela 3 indica o equivalente energético requerido em biomassa correspondente ao consumo brasileiro.

Assumindo-se diferentes índices de produtividade de biomassa, as áreas florestais necessárias para produção energética por fixação na biomassa de energia solar, idêntica à gerada pelo petróleo, apresentam-se assim: para uma produtividade de 10 t/ha/ano, é necessária uma área de 10,90 milhões de hectares com um raio de círculo equivalente a 187 quilômetros. Para uma produtividade de 20 t/ha/ano, são necessários 5,45 milhões de hectares e um raio de círculo equivalente a 132 km. Para uma produtividade de 50 t/ha/ano, 2,18 milhões de hectares e um raio de 84 km. Finalmente, para uma produtividade de 100 t/ha/ano, uma área de 1,09 milhão de hectares e 59 quilômetros de raio.

Para uma espécie com uma produtividade média anual em biomassa de 100 toneladas por hectare a terra necessária seria 1,1 milhão de hectares, ou seja, somente 0,13 % do território brasileiro.

Usando-se os valores anteriores segue-se uma comparação entre a produção petrolífera do Irã (300 milhões de t/ano) e a produção energética através de florestas.

A produção anual de petróleo do Irã é de 300 milhões de toneladas, e o equivalente energético produzido é de 3145.10<sup>12</sup> Kcal. A biomassa requerida por ano é de 790 milhões de toneladas, e a produtividade é de 100 t/ha/ano. A área requerida é de 7,90 milhões de hectares e o raio do círculo equivalente a 159 quilômetros.

Muitas são, portanto, as vantagens da pro-

dução, de energia através de fixação de energia solar pela biomassa. Os combustíveis de origem fotossintética apresentam algumas vantagens sobre os combustíveis fósseis. A floresta é considerada uma fonte de energia permanente e renovável e o reflorestamento oferece um vasto campo de trabalho, permitindo o aproveitamento da mão-de-obra existente na zona rural. Cada 3 hectares geram um emprego.

Os materiais vegetais contêm geralmente menos que 0,1% de enxofre, portanto seus produtos de combustão apresentam menores teores de compostos sulfurosos em relação aos combustíveis fósseis. Os resíduos da queima do material vegetal podem ser utilizados na preparação do solo das novas plantações.

Os problemas e custos de transporte são diminuídos pois a cultura a ser empregada na produção de energia pode ser plantada ao redor do local de processamento. A floresta mantém um equilíbrio ecológico e contém a erosão, conservando o regime pluviométrico.

Atualmente, no Brasil, somente alguns produtos florestais figuram com importância econômica: madeira, celulose, resinas, tatinos, borracha, alcalóides, óleos essenciais.

A madeira é uma mistura de três polímeros naturais: celulose (50%), hemicelulose (25%) e lignina (25%). Estas composições logicamente dependem das espécies, das variações genéticas e condições de crescimento.

Baseado nesta composição, cerca de 95% dos plásticos e polímeros produzidos a partir de outras matérias-primas podem ser obtidos a partir da madeira, após alguns estágios de processamento.

Pela hidrólise de celulose obtém-se a glicose que por fermentação produz o etanol com um rendimento aproximado de 90%. A conversão do etanol em etileno (96% de rendimento) e em butadieno (70%) é possível e já foi obtida industrialmente nos Estados Unidos durante a II Guerra Mundial.

Pode-se obter também um grande número de produtos poliméricos da celulose. Comercialmente os mais importantes são o rayon, acetado de celulose, celofane, carboximetilcelulose e outros. Polímeros e plásticos são comercializados em função de seu custo e de suas propriedades. Um grande conveniente dos derivados celulósicos é que suas propriedades podem ser modificadas desenvolvendo-se novos produtos.

O licor obtido da hidrólise ácida das hemi-



celuloses apresenta uma alta concentração em xilose, a qual pode ser convertida em xilitol (adoçante artificial) ou em furfural, havendo ainda a possibilidade de se obter proteínas e etanol provenientes das hexoses e pentosanas.

A lignina obtida da hidrólise pode ser usada como material aglutinante para carvão vegetal. Pela hidrogenação da lignina tem-se produtos fenólicos, conseguindo-se rendimentos de 35% em instalações pilotos. Os compostos derivados da lignina podem ser esterificados, eterificados e condensados com a finalidade de mudar-se algumas de suas propriedades físicas.

Da destilação da madeira obtém-se principalmente: metanol, ácido acético, acetona, formaldeído, alcatrões e, como material remanescente, o carvão.

O processamento completo da madeira está relacionado a um futuro distante sendo resultado de intensos planos de pesquisas, requerendo ainda uma tecnologia sofisticada apoiada em indústrias integradas que possam extrair o valor máximo de cada árvore.

Visando aumentar gratuitamente a utilização da árvore, o Centro Técnico em Celulose e Papel (CTCP) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), incluiu em seu programa de pesquisas alguns itens considerados importantes para o desenvolvimento e para a economia nacional:

a. obter maior rendimento em cavacos através do aproveitamento da árvore toda. Atualmente obtém-se em torno de 45-50%, sendo o objetivo 70%;

b. obter maior rendimento em fibras, estudando-se: polpações de alto rendimento (60-90%), processos de branqueamento preservando-se a lignina e processos de polpação mais suaves;

c. maior aproveitamento de resíduos de polpação na obtenção de subproduto: "tal-oil", terebentina, lignina, material hidrolisado e energia;

d. obter maiores rendimentos e maior número de subprodutos nos processos de destila-

ção da madeira;

e. reter mais material por meio de sistemas fechados, diminuindo-se também a poluição.

### CONCLUSÃO

A transformação química da madeira tanto na produção de produtos químicos ou em combustível é tecnicamente viável, necessitando somente de estudos e pesquisas para formação de uma tecnologia própria.

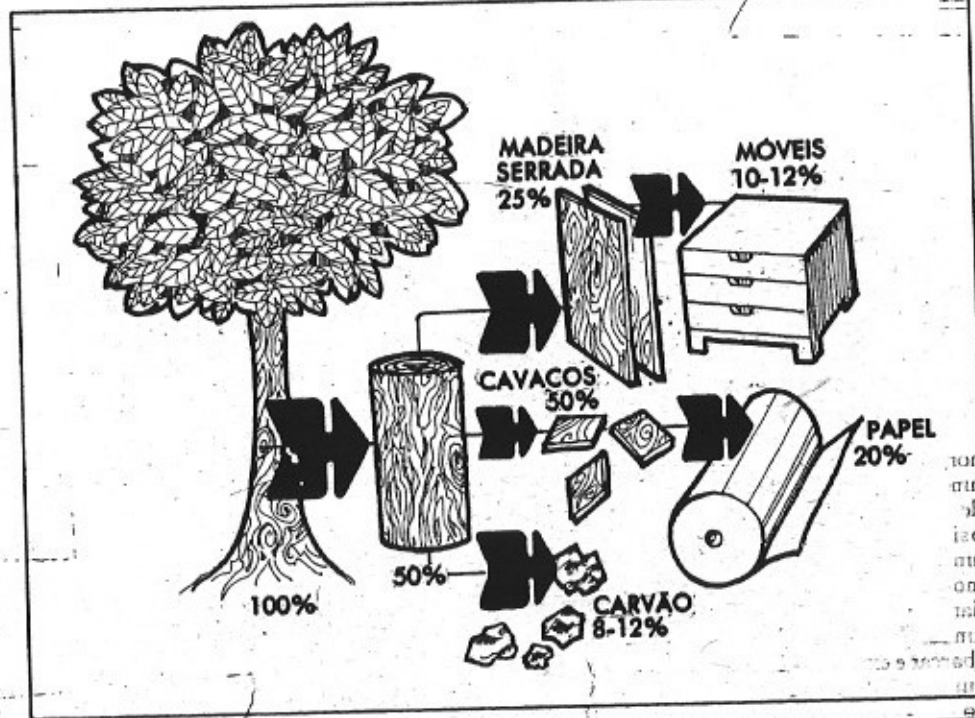
O Brasil, entretanto, não deve esperar que esta tecnologia seja criada na América do Norte e Europa, pois apresentam condições diferentes: o crescimento florestal é mais lento e a utilização da biomassa muito maior. Portanto, procuram criar uma tecnologia adaptada a suas necessidades.

A tecnologia necessária atualmente é mais relacionada com a tecnologia da celulose e papel onde a polpa deve permanecer como produto primário e os outros materiais obtidos de subprodutos como consequência de uma tecnologia integrada.

Com base nestas considerações, é recomendável que as pesquisas e estudos relativos a este campo sejam efetuados por um Instituto de Celulose e Papel e que este tenha um contato contínuo com o setor industrial.

Considerando o preço atual do petróleo, de seus derivados e a perspectiva de que esses produtos encareçam constantemente, os produtos químicos da madeira podem vir a apresentar um custo competitivo no mercado nacional. Estes custos dependerão principalmente do rendimento da biomassa por hectare e do custo de produção florestal por hectare.

Devido à utilização em grande escala no Brasil do Eucalipto, nas indústrias de celulose e na produção de carvão para emprego na siderurgia, seria necessário novas áreas de reflorestamento com Eucalipto além das previstas para atender à demanda destas indústrias, ou ainda a necessidade de estudar-se outras espécies im-



### Rendimento da utilização industrial da biomassa

Biomassa total produzida	100%
Madeira a ser industrializada	50%
Rendimento na produção de:	
móveis	10-12%
papel	20-25%
carvão	8-12%

próprias para a produção de celulose.

O Brasil como um país extenso, com terra fértil e um clima favorável, armazena oculta-mente um imenso potencial nos campos e cer-

rados, atualmente inaproveitados, os quais poderiam servir para plantações de Eucalipto ou de outra cultura de crescimento rápido e com grande captação de energia solar. ●