

TRABALHOS APRESENTADOS PELO
CENTRO TÉCNICO EM CELULOSE E PAPEL
NO XII CONGRESSO ANUAL DA
ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA EM
CELULOSE E PAPEL

CENTRO TÉCNICO EM CELULOSE E PAPEL



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A-IPT

São Paulo, 1979

SEPARATA

POSSÍVEIS REFLEXOS NA INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL PELA
UTILIZAÇÃO GENERALIZADA DE MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA

Autores: Alberto Ferreira Lima
Antonio Álvaro de Souza Camargo
José Mangolini Neves
Maria Celina Santana Jordão
Rosely Maria Viegas Assumpção

Resumo: Neste estudo foram estimados os possíveis reflexos da utilização da madeira para produção de combustíveis líquidos e sólidos na disponibilidade desta matéria prima para a indústria de celulose e papel.

Abstract: The present study evaluates possible impacts on availability of brazilian wood following its introduction as a large scale energy supplier.

I. Introdução

A possibilidade de algumas espécies de madeiras virem a desempenhar um papel de destaque no futuro quadro de abastecimento de energia, deve ser analisada com uma certa atenção. Seja ele expresso de uma forma direta, caso que engloba as queimas de madeiras ou carvões vegetais, ou seja de uma forma indireta, quando um combustível líquido é o produto final, não restam dúvidas que um elemento de maior competitividade será introduzido no atual mercado de madeiras. Isto pode vir a alterar de forma substancial a disponibilidade e consequentemente o preço, da principal matéria-prima consumida pelas indústrias de celulose e papel.

O objetivo deste trabalho é a avaliação dos impactos desta possível tendência assim como apontar algumas providências que, adotadas, viriam assegurar um fornecimento satisfatório de madeiras para as indústrias do setor. Para a realização do mesmo adotou-se a seguinte metodologia:

- a) diagnóstico do atual panorama energético brasileiro seguido de projeções de consumo até o ano 2000. Isto apenas para o petróleo e seus derivados energéticos, não se levando em consideração setores como o hidroelétrico, nuclear, etc.
- b) determinação dos eventuais substitutos do petróleo que tem maior probabilidade de aplicação.
- c) determinação das hipóteses de substituição ou seja: o que substitui o que e a que grau.
- d) cálculo do consumo efetivo de madeira pelas alternativas adotadas e avaliação de como este se encaixa dentro das perspectivas de programas de reflorestamento já delineados.

Posto isto, o desenvolvimento detalhado de cada uma destas quatro etapas é apresentado a seguir.

II. Panorama energético atual e projeção de consumo para o ano 2000.

II.1. Considerações preliminares

A tabela 1 e figura 1 mostram o consumo de petróleo e alguns dos seus derivados, como também o etanol de cana de açúcar, em 1977, além da projeção até o ano 2000 (1,2,3). Antes de se comentar o teor da mesma algumas considerações

devem ser feitas a respeito da prática de previsões. Em primeiro lugar e, isto é razoavelmente evidente, qualquer projeção de tendências deve sempre ter um caráter contínuo, sem mudanças bruscas. Isto significa que a possibilidade de previsão de efeitos significativos, isolados, está descartada. Um exemplo típico de um desses fatores acidentais, pouco previsíveis, foi a subita elevação dos preços do óleo bruto em fins de 1973. Embora até certo ponto ela pudesse ser prevista não resta dúvidas de que anulou várias projeções realizadas no fim da década de 1960, introduzindo elementos até então desprezados. Um outro tipo de fator que também pode se enquadrar na classe dos acidentais seriam justamente as estratégias governamentais. Não que elas sejam imprevisíveis, muito pelo contrário, partimos do pressuposto que o governo aja de bom senso. Acontece que mesmo assim a estipulação de uma meta mais agressiva pode muito bem introduzir elementos de não uniformidade na função que represente a curva de projeção. Isto é frequente quando temos duas ou mais alternativas como solução para um mesmo problema, nenhuma delas se destacando sobremaneira em relação as outras quanto as qualidades apresentadas.

É o caso por exemplo das alternativas metanol/etanol; ou carvão mineral/carvão vegetal; ou ainda etanol de madeira/etanol de cana de açúcar. A variedade de fatores que envolvem os mecanismos de decisão é bem amplo de modo que a escolha geralmente não é tão simples quanto alguns pretendem. Dados isolados de taxa de conversão, como por exemplo litros de metanol por tonelada de madeira seca não representam nada se não se conhecer os requerimentos e problemas das áreas industrial, agrícola, de distribuição e consumo.

II.2. Previsões

Abordados estes pontos passaremos a tecer comentários a respeito da tabela 1.

Tabela 1. Consumo atual e projetado para derivados de petróleo e etanol de cana de açúcar.

	Consumo 1977		Consumo 1987		Consumo 2000		Taxa de crescimento (% a.a.)	
	Tep ⁽²⁾ x 10 ⁶	M ³ x 10 ⁶	Tep x 10 ⁶	M ³ x 10 ⁶	Tep x 10 ⁶	M ³ x 10 ⁶	1977/1987	1987/2000
Petróleo ⁽¹⁾	43	51	70	85,0	150	178	4,8	6,0
Gasolina	10,7	14,2	17,4	23,0	39,0	52	5,0	6,5
Diesel	12,5	15,0	18,5	22,0	42,0	51	4,0	6,5
Óleo combustível	15,5	10,8	22,9	25,0	48,8	53,1	4,0	6,0
Outros derivados do petróleo ⁽³⁾	4,3	5,8	7,5	10,0	20,0	25,6	5,5	8,0
Alcool etílico	0,32	0,67	5,6	12,0	19,1	41	33,4	10,0

(1) Para fins energéticos e sem levar em conta combustíveis alternativos.

(2) Tonelada equivalente de petróleo.

(3) Basicamente querosene + GLP (1 Tep = 1,35 m³).

As taxas de crescimento do consumo de petróleo¹ nos períodos de 77/87 e de 88/2000 são 4,8 e 6% respectivamente. Menor no primeiro período, ainda de reajustes da economia a uma nova situação mundial, e um pouco maior no segundo, onde inclusive um aumento razoável na produção pode acontecer. Quanto aos seus derivados a mesma tendência, com algumas variações, também se observa. Estas diferenças existem de modo a se equalizar o consumo das três principais frações (gasolina, diesel e óleo combustível) por volta do ano 2000 de modo a se gerar um mínimo de excedentes de qualquer uma delas. Já a classe dos derivados denominada "outros" e que engloba principalmente gás liquefeito de petróleo (GLP) e querosene para aviação deve crescer a uma taxa um pouco mais elevada, principalmente devido ao rápido progresso previsto para o setor de transportes aéreos.

Em relação ao álcool etílico, cuja produção em 1977 montou a $6,7 \times 10^5 \text{ m}^3$ ($3,1 \times 10^5 \text{ tep}^2$), as taxas de crescimento são bem mais elevadas atingindo por volta de 33 - 34% no período de 77/87 caindo para um ritmo mais ameno, ao redor de 10%, nos anos de 1987 a 2000. Esta alta taxa para o período de 77/87 é reforçada pelas últimas declarações (Setembro/Outubro de 1979) de que a produção de álcool em 1985 deve atingir os $10,7 \times 10^6 \text{ m}^3$. Também a recente informação de que os motores a ciclo diesel passarão a consumir o álcool etílico aditivado a partir de 1986 vem reforçar as chances do plano do álcool efetivamente atingir suas ambiciosas metas

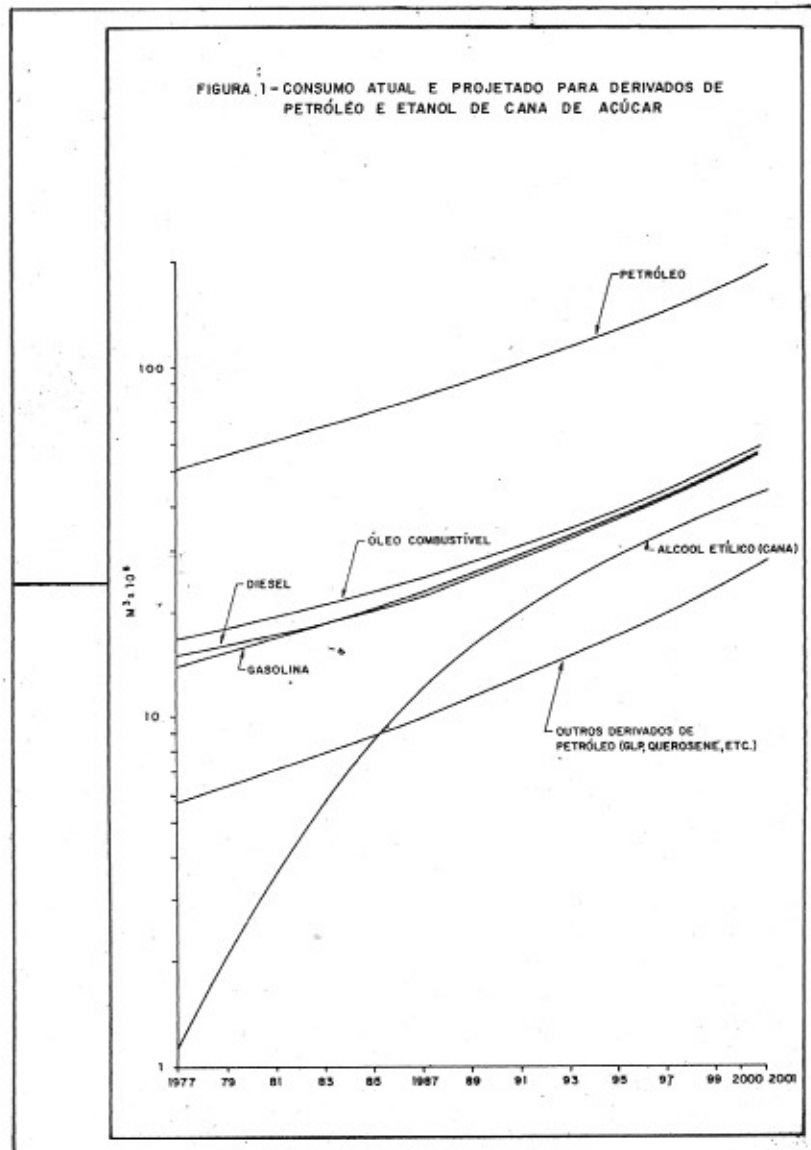
Posto isto e de posse de uma projeção que aponta um consumo de $178 \times 10^6 \text{ m}^3$ de petróleo por volta do ano 2000, o próximo passo passa a ser o levantamento e seleção dos principais processos que visam a produção de combustíveis ou energia a partir da madeira.

III. Processos para produção de energia e combustíveis alternativos a partir de madeira.

Existem atualmente uma série de métodos pelos quais se pode transformar madeira diretamente em energia ou em um combustível sólido, líquido ou gasoso. Na realidade pode-se obter desde calor (caso da queima direta) até gasolinas de alta octanagem. Esta última hipótese é viável aplicando-se o processo desenvolvido -

(1) *Posto que o consumo relativo das fontes alternativas se mantenha aos níveis de 1977.*

(2) *Tonelada equivalente de petróleo.*



pela Mobil (EUA) ao metanol sintetizado a partir do produto da gaseificação de madeira. Acontece no entanto que muitos deles ainda se encontram a um bom caminho da implantação a nível comercial de modo que resolveu-se abordar apenas aqueles que efetivamente apresentam boas possibilidades de sucesso a curto prazo. Seguindo este raciocínio selecionou-se o seguinte:

- queima direta para produção de calor (madeira ou carvão vegetal).
- álcool metílico a partir de madeira ou carvão vegetal.
- álcool etílico a partir da hidrólise ácida da madeira seguida de fermentação.
- óleos sintéticos.

III.1. Queima direta

A queima direta de madeiras ou carvão vegetal processa-se sem problema algum praticamente atingindo eficiências da ordem de 75 a 83% se o combustível usado for seco ou quase seco. Existem várias formas de se alimentar e queimar este material, sendo que para potências em torno de 200 a 300 t/h de vapor um sistema de grelhas rotativas com alimentação por espargidores mecânicos ou pneumáticos parece bastante adequado.

Um problema aqui é que para uma mesma capacidade, as caldeiras a madeira são mais volumosas e, portanto mais caras, do que suas correspondentes a óleo combustível. Para os casos em que há impossibilidade de substituição imediata do equipamento a óleo, uma possibilidade seria a gaseificação do material e posterior utilização do gás nos queimadores previamente adaptados. Se o gás é de baixo poder calorífico (GBPC) então deve-se esperar uma queda de rendimento por volta de 30 a 50%. Resultados melhores pode-se esperar se o gás usado for de médio poder calorífico (GMPC), produto da gaseificação com oxigênio.

III.2. Álcool metílico

Praticamente toda produção atual de metanol usa como matéria prima gás natural a partir do qual se obtém o gás de síntese, ou seja, uma mistura o mais próxima possível de duas partes de hidrogênio para uma parte de monóxido de carbono ($2H_2 : 1CO$). Acontece no entanto que o produto da gaseificação de qualquer tipo de matéria orgânica é um gás rico em CO , H_2 e CO_2 , que pode perfeitamente sofrer um processo de purificação (eliminação do CO_2) e de reajuste de composição ("shift reaction") de modo a se obter aquela composição de $2H_2$ para $1CO$. De posse deste gás, a síntese do metanol é um processo simples e comprovado industrialmente. Existe já no Brasil alguns setores interessados na síntese do metanol a partir de madeira e embora o rendimento em toneladas desta matéria prima para cada tonelada de metanol varie um pouco, dependendo da fonte informativa, acredita-se que ela esteja entre 2,2 e 2,5 t madeira/t metanol.

O problema aqui reside na obtenção de tecnologia de gaseificação e limpeza dos gases em escala e confiabilidade industriais. Ela ainda não existe, mas espera-se que esteja desenvolvida por volta de 1987, posto que seja dada a devida ênfase ao programa.

III.3. Álcool etílico

A possibilidade da hidrólise de matérias celulósicas, produzindo com isto uma solução de açúcares (pentoses e hexoses, estas últimas fermentáveis) abre uma nova possibilidade na produção comercial de álcool etílico. Esta hidrólise pode ser obtida por via ácida ou enzimática se bem que esta última ainda encontra-se em estado menos adiantado. A via ácida por sua vez já encontra-se bem mais desenvolvida e algumas usinas operando em escala "comercial" já existem, notadamente na União Soviética. O processo não oferece um rendimento muito alto, e salvo algum grande avanço tecnológico, não se espera produções maiores que 200 a 250 litros de álcool etílico por tonelada de madeira (167 kg álcool etílico/ 1 t de madeira).

III.4. Óleos sintéticos

Esta é a área onde as pesquisas encontram-se ainda numa fase inicial. Na realidade a quase totalidade dos estudos encontram-se ou em escala de laboratório ou em fase piloto de produção. Embora existam uma série de problemas técnicos de engenharia, além das dificuldades inerentes ao próprio processo, a idéia parece ser viável e atraente. O objetivo básico destes sistemas é remoção do oxigênio das moléculas dos componentes da madeira de modo a se obter uma mistura de hidrocarbonetos pesados com poder calorífico em torno de 8.500 kcal/kg.

Já existe no entanto um processo de 1ª geração, denominado Fischer-Tropsch (desenvolvido em 1925) que produz uma solução de hidrocarbonetos a partir de gás sintético. Esta solução, após adequadamente preparada, sofre uma destilação convencional produzindo gasolinas, óleos leves, etc. Seu rendimento não é alto mas tem a vantagem de ser comercialmente operacional. De qualquer forma espera-se novos aperfeiçoamentos neste setor.

IV. Hipóteses de substituição

As alternativas de substituição de derivados de petróleo por combustíveis alternativos oriundos de biomassa é realmente muito vasta. Acontece no entanto que as substituições exequíveis a curto prazo e que apresentam alta qualidade¹ não são abundantes. A seguir está uma lista por setor consumidor de um dos qua

(1) *Por alta qualidade entende-se um combustível que procura atingir ou melhorar o nível de desempenho, confiabilidade e custos do combustível original.*

tro principais derivados do petróleo: gasolina, diesel, óleo combustível e GLP/ querosene.

IV.1. Gasolina

A gasolina é consumida quase na sua totalidade (cerca de 98%) pelo setor de transporte, em motores que operam sob o ciclo OTTO.

Para estes motores, o governo já optou pelo álcool etílico, tanto sob a forma anidra (para misturas até 20% com a gasolina e sem modificações nos motores) como sob a forma hidratada, para ser consumido puro. Este álcool etílico pode tanto vir das substâncias fermentáveis diretamente assim como da madeira, via hidrólise ácida.

O álcool metílico pode perfeitamente vir a ser consumido nestes motores também e acredita-se que sua intercambialidade com o álcool etílico seja grande. Isto se deve as suas semelhanças quanto a octanagem, densidade e poder calorífico. O metanol assim utilizado seria produzido a partir de gaseificação de madeiras. Salvo alguma mudança radical, estes devem ser os combustíveis que junto à gasolina deverão abastecer os carros até o ano 2000.

IV.2. Diesel

A situação do óleo diesel não é muito diferente daquela da gasolina, ou seja, cerca de 75% do total é aplicado no setor de transporte.

Para os motores operando sob o ciclo diesel, também o álcool etílico aditivado e talvez o metílico deverão, ou melhor, poderão vir ao auxílio deste derivado do petróleo. Na realidade a Mercedes Benz do Brasil vem conduzindo testes neste tipo de motor há algum tempo com resultados que podem ser considerados muito bons, de tal forma e que o governo decidiu fixar como meta o início da utilização de álcool etílico nestes motores a partir de 1986. O adequamento dos motores diesel ao álcool etílico e ao metílico também, constitui-se possivelmente na melhor de todas as soluções já propostas, sendo a mais eficiente maneira de se consumir álcool. Seria inclusive perfeita se não fosse a necessidade da adição de um acelerador de reação devido ao baixo teor de cetano dos álcoois.

IV.3. Óleo combustível

É aqui provavelmente onde existe o maior número de alternativas. A rigor carvões minerais e vegetais, madeiras e, por que não, álcool etílico e/ou metílico são perfeitamente passíveis de fornecerem energia em substituição ao óleo combustível. Existem no entanto uma série de considerações associadas a: facilidade e custos das adaptações; disponibilidade e facilidade de abastecimento destes novos combustíveis aos centros consumidores; questões de ordem ambiental, etc. Não entraremos aqui no mérito destes problemas de modo que, alguma dúvida quanto as porcentagens projetadas de substituição deste óleo pelas várias alternativas poderá ser esclarecida em comentários encontrados nos itens a seguir. Apenas para completar, é interessante citar que se em algum momento os óleos sintéticos passarem a desempenhar um papel de relevo no quadro energético global, será justamente neste setor dos consumidores de óleo combustível. As vantagens em se dispor de um combustível líquido são enormes e já conhecidas. De qualquer forma, combustíveis sintéticos poderão ter uma penetração maior apenas na década de 90, mais provavelmente nos anos próximos a 2000.

V. Índices de substituição para os anos de 1987 e 2000.

Na tabela 3, encontram-se os índices de substituição para vários derivados do petróleo. Antes de analisá-la no entanto temos que listar algumas hipóteses adotadas:

- a) a produção prevista de álcool etílico a partir de cana de açúcar para os anos 1987 e 2000 é 12×10^6 e 41×10^6 M³/ano respectivamente.
- b) assume-se que nunca sobrarão quantidades relevantes de qualquer das frações quando de sua substituição parcial por um combustível alternativo. O que queremos dizer aqui é que não se considera o remanejamento de frações excedentes, ou substituídas, para ser adicionada a outros setores. Exemplo: se se substitui 30% da gasolina, esta quantidade deslocada não será misturada a nenhuma das outras frações (óleo diesel, óleo combustível, etc). Isto significa que as substituições devem ocorrer de uma forma homogênea em todos os segmentos de modo a se obter o mínimo de excedentes, que no caso serão exportados.
- c) em 1987 deverá entrar em operação uma fábrica de 2000 ton/dia de metanol a partir de madeira, que no ano 2000 passarão a ser 20 unidades.

- d) a possibilidade de produção de álcool etílico a partir de hidrólise de madeira é ilimitada.
- e) assume-se que as substituições das gasolinas por álcoois se processa em equivalentes volumétricos, ou seja, um veículo com gasolina 20% substituída por álcool terá exatamente o mesmo desempenho que quando consumindo apenas gasolina. Isto é possível devido ao melhor rendimento do motor (taxa de compressão mais elevada, etc) otimizado para o álcool, o que compensa seu poder calorífico inferior ao da gasolina.

Para os outros derivados os equivalentes são em base energética, e não volumétricas (as eficiências são aproximadamente as mesmas).

- f) 40% de substituição da gasolina não significa que estamos misturando álcool na gasolina numa razão de 40%. Significa isto sim que alguns veículos estejam consumindo gasolina 20% substituída, sendo o restante do álcool consumido por veículos 100% a álcool.
- g) os fatores de conversão utilizados para os vários cálculos se encontram na tabela 2.

Tabela 2. Fatores de conversão

Processo	Conversão (a partir de 100 kg de ma- deira seca)	Produto	Poder caloríf. (kcal/kg)	Densidade (kg/l)	Conversão para Tep médio ^(a)	
					Unidade	Fator de Multipl.
Hidrólise ácida	21 litros	Etanol	6.400	0,79	t	0,593
Gaseificação e síntese	50,6 litros	Metanol	5.500	0,79	t	0,509
Pirólise	25,0 kg	Carvão vegetal	6.800	-	t	0,629
Liquefação	15 - 25 kg	Óleo sintético	8.500	-	t	0,790
-	-	Lenha	4.100	-	t	0,380
-	-	Carvão mineral	7.100	-	t	0,657
-	-	Petróleo médio	10.800	0,84	t	1,000
-	-	Gasolina	11.100	0,73	t	1,028
-	-	Diesel	10.900	0,83	t	1,010
-	-	Óleo combustível	10.600	0,94	t	0,981

(a) Tep - Tonelada Equivalente de Petróleo.

Apresentadas estas hipóteses, vamos agora proceder a um exame mais detalhado da tabela 3. Para 1987 julgou-se conveniente não se ultrapassar os índices de substituição 50, 50 e 30% para as gasolinas, diesel e óleo combustível respectivamente. Embora tenha sido salientado na lista de hipóteses de que as substituições devam ocorrer de uma forma homogênea, gerando um mínimo de excedentes de cada fração, muitas vezes isto não será possível, principalmente para este primeiro período considerado e que termina em 1987. Acontece no entanto que não se considerou estes casos intermediários uma vez que não teriam influência no resultado final

onde o importante são os dois casos extremos apresentados. Qualquer hipótese intermediária de substituição foi então omitida. Um exemplo seria o caso de substituição de 20, 50 e 25% para gasolina, diesel e óleo combustível respectivamente. Uma vez que estes valores forçosamente estão entre os extremos de 20, 20, 20 e 50, 50, 30, adotados para 1987, então não teria muito sentido incluí-los na tabela a não ser por curiosidade ou no caso de conhecimento dos índices exatos para as datas de referência.

Tabela 3. Previsão de substituição para os anos de 1987 e 2000.

1 9 8 7

	Produção Prevista $\times 10^6 \text{ M}^3$ ($\times 10^6 \text{ Tep}$)	Hipóteses de Substituição e respectivas fontes		Energia Substituída em Tep ($\times 10^6$)	Quantidade dos Combustíveis alternativos $\times 10^6 \text{ M}^3$ ($\times 10^6 \text{ t}$)	Equivalente em Madeira necessária para produção destes combustíveis sólidos ou líquidos $\times 10^6 \text{ t}$
		Fração	Fonte			
Alcool	12 (5,6)					
Gasolinas	23 (17,4)	a) 20%	Etanol (cana)	3,48	4,6	-
		b) 50%	Etanol (cana)	8,67	11,5	-
Diesel	22 (18,5)	c) 20%	Etanol (cana)	3,70	7,9	-
			d) 50%	Etanol (cana)	0,23	0,5
			Etanol (mad.)	5,64	12,1	57,5
			Metanol (mad.)	0,35	0,9	1,75
		Metanol (C.M. ⁽¹⁾)	3,03	7,53	-	
Óleo Combust.	25,0 (22,9)	e) 20%	Carvão mineral	1,83	(2,78)	
			Madeira	1,15	(3,0)	3,0
			Carvão vegetal	1,15	(1,83)	7,25
			Etanol (mad.)	0,46	0,98	4,70
		f) 30%	Carvão mineral	2,80	(4,3)	
			Madeira	1,73	(4,54)	4,54
			Carvão vegetal	1,73	(2,75)	10,90
			Etanol (mad.)	0,69	1,50	7,0
Totais:						
Min./Máx.	-	-	11,77/24,87	-	15,0/81,7	

(1) Carvão Mineral.

O uso do metanol como combustível é levado em consideração devido a boa taxa de transformação madeira/metanol¹ além da sua possível compatibilidade com o álcool etílico em motores otimizados para o consumo deste último. Isto deve-se às suas características quase idênticas como: densidades, poderes caloríficos e índices de cetano e octanagem.

(1) Aproximadamente 2,5 : 1.

É bem possível que no futuro possa-se usar indistintamente álcool etílico ou metílico nos motores projetados para o uso de qualquer um dos dois.

Creemos assim que o metanol, a exemplo do que já ocorre com o etanol, realmente poderá se tornar em um combustível abundante, próprio para o consumo em motores ciclo OTTO e diesel.

Tabela 3. Continuação.

2 0 0 0

	Produção Prevista $\times 10^6 M^3$ ($\times 10^6 \text{Tep}$)	Hipóteses de Substituição e respectivas fontes		Energia Substituída em Tep ($\times 10^6$)	Quantidade dos Combustíveis alternativos $\times 10^6 M^3$ ($\times 10^6 \text{t}$)	Equivalente em Madeira necessária para produção destes combustíveis sólidos ou líquidos $\times 10^6 \text{t}$
		Fração	Fonte			
Alcool	41 (19,2)					
Gasolinas	52 (39)	a) 40%	Etanol (cana)	15,6	20,8	-
		b) 60%	Etanol (cana)	23,4	31,2	-
Diesel	51 (42)	c) 40%	Etanol (cana)	9,5	20,2	-
			Etanol (rad.)	0,3	0,6	3,1
			Metanol (rad.)	7,0	17,4	35,0
		d) 60%	Etanol (cana)	4,6	9,8	-
			Etanol (rad.)	8,6	18,4	87,7
			Metanol (rad.)	7,0	17,4	35,0
			Metanol (C.N.)	5,0	12,4	-
Óleo combust.	53,1 (48,8)	e) 40%	Carvão mineral	4,0	(6,1)	-
			Madeira	4,0	(10,5)	10,5
			Carvão vegetal	5,0	(7,9)	31,8
			Óleo sintético (de madeira)	2,5	(3,2)	16,0
			Óleo sintético (carvão mineral)	4,0	(6,3)	-
Totais:						
Min./Máx.			52/68,2			96,4/181

Já no caso do óleo combustível as coisas tornam-se um pouco mais complicadas. A comodidade e eficiência de se usá-lo na indústria, seja pela facilidade de manuseio, seja pelo seu alto teor calorífico, tornam difícil sua substituição por combustíveis alternativos que geralmente vão necessitar alterações nos processos para a sua implantação.

É o caso dos combustíveis sólidos (carvões minerais e vegetais, lenha, etc) que sem dúvida vão introduzir uma série de exigências quanto a nova infraestrutura de distribuição, modificação ou substituição dos equipamentos atuais, além de lançar novas variáveis no já tumultuado e cinzento quadro das emissões de poluentes aéreos e líquidos. Tomemos como exemplo o carvão mineral. Embora razoavelmente abundante no sul do Brasil seu alto teor de cinzas (20 - 40%) e enxôfre tornam-no um combustível de difícil introdução dadas as modificações e adições necessárias aos -

equipamentos atuais de modo a se permitir sua queima de uma forma eficiente e sem riscos à saúde da população. Já o carvão vegetal, embora também necessitando de modificações nos equipamentos, é bem mais aceitável sob o ponto de vista de facilidades e segurança na sua aplicação¹.

Estas considerações foram apenas para mostrar que sempre quando for possível dar-se-á preferência aos combustíveis líquidos, derivados de biomassa ou não. Isto explica de uma certa forma os índices sempre menores de substituição do óleo combustível quando comparado aos da gasolina e do diesel. Isto porque julgou-se conveniente inicialmente canalizar toda, ou quase toda, produção de combustíveis líquidos² derivados da biomassa para o setor de transportes, hoje consumindo quase que exclusivamente petróleo. Sendo assim restou para o segmento dos consumidores de óleo, combustíveis sólidos como os carvões e a madeira, além de algum etanol ou metanol excedente dos setores de transporte.

Esta situação pode mudar um pouco lá pelo fim do século com o advento dos óleos sintéticos a partir dos carvões vegetais ou minerais e da madeira. Esta poderá ser uma alternativa muito boa para vir auxiliar a oferta dos combustíveis alternativos para o óleo combustível e só não seria implantado antes por tratar-se de tecnologia ainda em fase embrionária de desenvolvimento.

Para concluir então, substituição das gasolinas e diesel depende basicamente de produção de seus substitutos, ao passo que a do óleo combustível pode e deve sofrer limitações de outra natureza, como a necessidade de extensivas modificações nos equipamentos atuais, assim como no sistema fornecedor e distribuidor desses combustíveis.

VI. Madeira de reflorestamento: Oferta e Demanda.

A quantificação dos recursos florestais brasileiros tem sido um assunto um tanto controverso ultimamente. Naturalmente estas controvérsias resultam de manobras econômico-políticas de vários setores industriais que objetivam capitalizar mais recursos às suas áreas.

Os números apresentados aqui baseiam-se em diferentes fontes (1,5,6 e 7) mas fundamentalmente na publicação do Ministério da Agricultura (4).

Algumas das premissas que fundamentaram aquele estudo foram:

- "que o País tem amplos recursos madeireiros".

(1) Cinzas e enxofre estão praticamente ausentes no carvão vegetal.

(2) Etanol e metanol.

- "que a demanda de madeira e derivados, para os usos comerciais provavelmente não absorverá o potencial florestal do País, em futuro próximo".
- "que a demanda por certos tipos de madeira será superior à oferta em algumas regiões (Sul e Sudeste) e em outras (Norte e Centro Oeste) a oferta de madeira será superior à demanda".

A tabela 4 apresenta uma estimativa, até o ano 2000, do ritmo da utilização dos reflorestamentos para produção de carvão vegetal, celulose e papel, madeira serrada e chapas de fibras. Quantidades suplementares para carvão vegetal, madeira serrada e outros usos (lenha, construção civil, etc) serão, "a priori", supridas pelas florestas naturais, cerrados e caatingas. Deve-se salientar ainda que as projeções da demanda de madeira pelo setor de celulose e papel foram feitas com base em duas hipóteses básicas:

- a) conservadora.
- b) não conservadora; preve-se um grande crescimento do setor papelheiro.

Tabela 4. Previsão da utilização e disponibilidade de madeira proveniente de reflorestamentos (10^6 m^3).

Ano	Consumos				Oferta		Saldo		
	Carvão Vegetal ^(a)	Celulose e Papel ^(b)		Outros ^(c)	Total		Hipótese		
		Hipótese (1)	Hipótese (2)		Hipótese (1)	Hipótese (2)	(1)	(2)	
1975	3,0	11,2	11,2	1,8	16,0	16,0	17,0	1,0	1,5
1977	6,0	14,0	15,0	2,3	22,3	23,3	26,5	4,2	3,2
1980	11,0	18,8	22,0	3,0	32,8	36,0	42,9	10,1	6,9
1985	18,0	29,1	36,8	4,8	51,9	59,6	83,0	31,1	23,4
1987	20,0	34,0	44,0	5,8	59,8	69,8	100,0	40,2	30,2
1990	23,0	44,0	59,8	7,0	74,0	89,8	121,6	47,6	31,8
1995	23,0	68,3	87,6	11,0	102,3	121,6	141,6	39,3	10,0
2000	23,0	89,1	121,5	14,0	126,1	158,5	147,3	21,2	-11,2

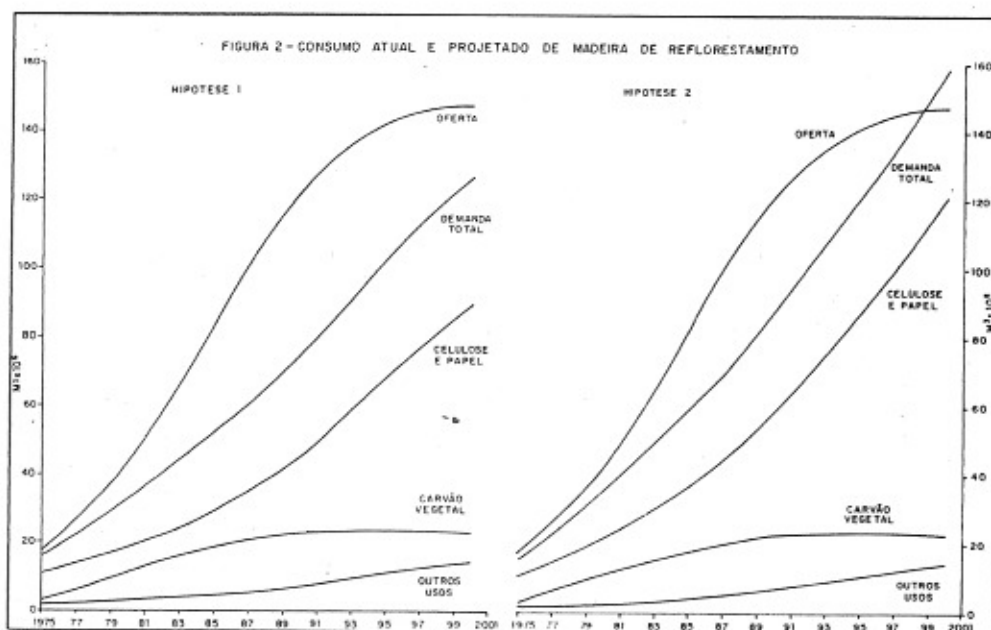
Observações: (a) Considerou-se só o carvão proveniente de reflorestamentos.

(b) Para o setor de celulose e papel considerou-se duas hipóteses (1) mais conservadora e outra não (2).

(c) Em outros usos industriais incluem-se chapas de fibras e madeira serrada.

Consta ainda da tabela 4 uma previsão da disponibilidade de madeira de reflorestamento. Para esta estimativa foi admitido um plantio anual de 400.000ha com um incremento médio de $21 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$, o que pode ser considerado conservador, principalmente a longo prazo. Segundo algumas empresas de reflorestamento consulta das pode-se elevar, sem muitas dificuldades, a taxa de plantio de 400 mil para -

600 mil ha/ano. Já em relação à produtividade, podemos esperar valores em torno de 100 m³/ha/ano (40 t/ha/ano) se bem que índices de 60 a 70 m³/ha/ano são mais prováveis a curto/médio prazo. Logicamente este acréscimo será função dos melhoramentos genéticos das espécies e dos técnicos de silvicultura a serem introduzidos.

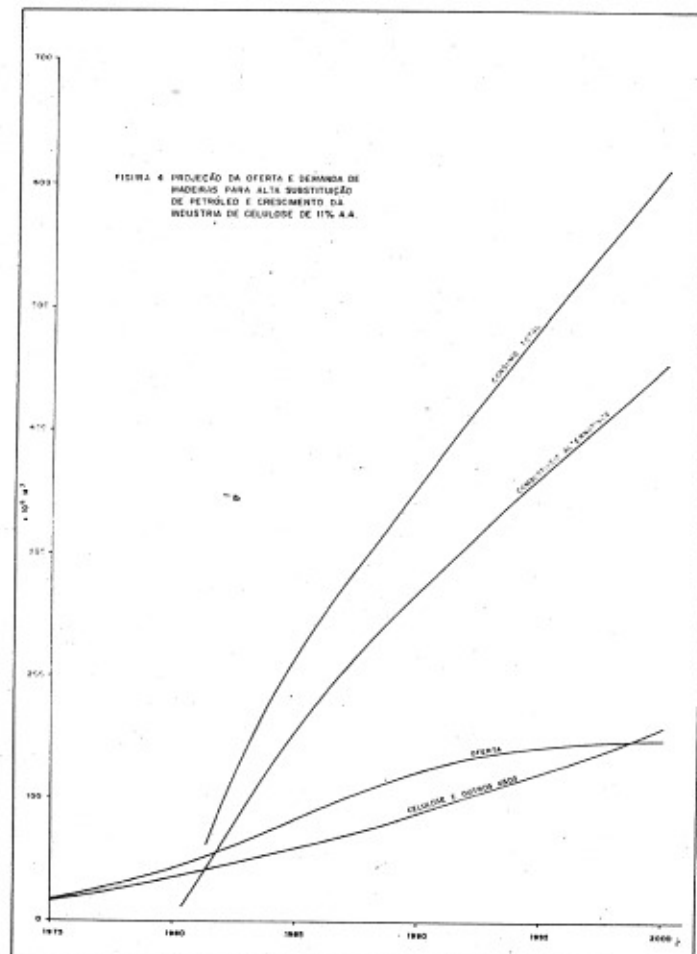
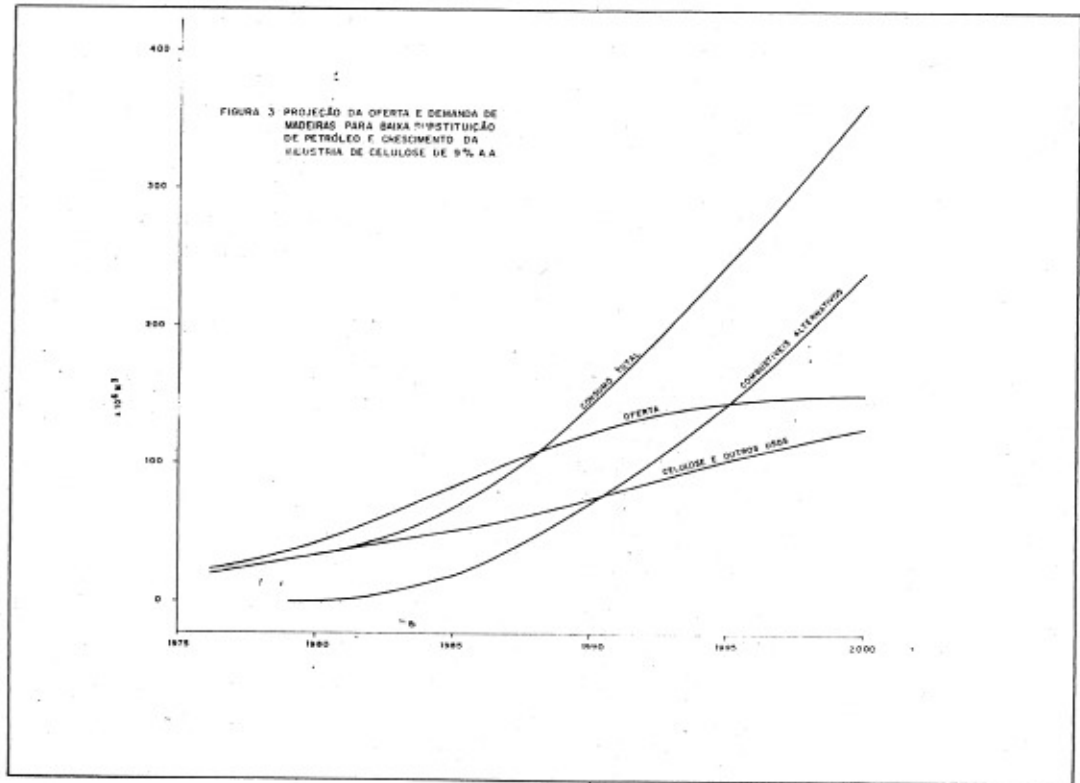


A figura 2 ilustra a relação entre a oferta e demanda de madeiras apresentadas pelas estimativas da tabela 4. Como pode ser observado existe um excedente quase constante, em madeira, exceção feita aos anos próximos a 2000, época em que a diferença diminui. Para a hipótese "não conservadora" este pequeno crédito é substituído por um déficit de aproximadamente 10 milhões de metros cúbicos e este já por volta do ano 2000.

De posse desses dados constantes da tabela 4, bem como das projeções de consumo de madeira apontados pela tabela 2, construíram-se dois gráficos, mostrados pelas figuras 3 e 4. O primeiro, correspondente à figura 3 mostra o provável quadro de oferta e procura de madeiras para a hipótese de pequena substituição do petróleo¹ e crescimento da indústria de celulose de 9,0% a.a. . Já a figura 4 apresenta para a mesma família de curvas, uma situação de maior demanda, representada por uma maior substituição do petróleo² e um maior crescimento da indústria papelreira (11% a.a.).

(1) 20% em 1987 e 40% em 2000.

(2) 43% em 1987 e 53% em 2000.



VII. Comentários Gerais

Antes de se entrar no mérito de algumas conclusões faz-se necessário lembrar que este é um trabalho essencialmente de previsão de tendências, tendências estas sempre sujeitas a fatores das mais variadas naturezas e probabilidades.

Foram levadas em consideração duas hipóteses básicas para o grau de penetração dos combustíveis alternativos ao petróleo: uma de baixa substituição onde se esperam índices de 17% para 1987 e 50% para o ano 2000. A segunda seria de grande substituição com índices de 35%¹ em 1987 e 45%² no ano 2000. A primeira hipótese reflete uma possibilidade muito mais realista, inclusive se moldando razoavelmente bem dentro dos últimos planos do governo para a área energética. Neste caso a demanda projetada de madeira deverá igualar a oferta já nos anos de 1987-1990 sendo que por volta de 2000 já deveremos ter um deficit de 220 milhões de metros cúbicos estêreo/ano. Isto induz ao plantio de uma superfície 36.670 km²(3) superior à área já prevista pelos programas de reflorestamento, área esta que deve produzir 147 milhões de m³ por volta do fim do século.

Em outras palavras será necessário praticamente dobrar a área atualmente projetada de reflorestamento para os anos próximos ao 2000.

A segunda hipótese tem mais uma função especulativa e, embora possível, não acreditamos que ela possa realmente tornar-se realidade, pelo menos nos prazos sugeridos. A substituição de aproximadamente 45% de todo o petróleo que se estime será consumido no ano 2000 é sem dúvida tarefa formidável, devendo exigir esforços muito grandes por todas as áreas sociais e econômicas do país.

Caso isso ocorra, no entanto, e se confirmem nossas previsões de que o governo realmente dará ênfase ao emprego de combustíveis alternativos a partir de biomassas, então um consumo de madeiras variando entre 500 e 700 milhões de m³ estêreo por ano pode muito bem vir a se concretizar. Neste caso serão necessários aproximadamente 100.000 km² de área reflorestada⁴, ou seja 1,2% do território brasileiro, já no início do século XXI.

- (1) Redução global de petróleo para substituições de 50%, 50% e 30% para gasolina, diesel e óleo combustível respectivamente.
- (2) O mesmo que o item 1 para substituição de 60%, 60% e 40% respectivamente.
- (3) Produtividade média de 60 m³/ha/ano.
- (4) Assumida produtividade média de 60 m³/ha/ano.

VIII.

Bibliografia Consultada

1. Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional, 1978.
2. Ministério de Minas e Energia - Conselho Nacional de Petróleo. Consumo Anual de Derivados de Petróleo, 1972 - 1978.
3. Toledo, C. O Programa Nacional do Alcool e a Indústria Açucareira. Saccharum, Ano II, nº 4, Março 1979.
4. Ministério da Agricultura. Perspectivas e Tendências do Setor Florestal Brasileiro, 1975 a 2000, Vol. 1 e 2, IBDF - Brasília, 1977.
5. Ferreira, R.J.F. O Planejamento da Política Florestal e a Coordenação de Planejamento do IBDF - Brasil Florestal, nº 32 - Out/Dez, 1977.
6. Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose - Relatório Estatístico, 1977 e 1978.
7. Ministério da Agricultura - Diagnóstico do Mercado de Madeiras e Derivados, Vol. 1, IBDF - 1978.