

SILVICULTURA

DEZEMBRO 1977

EDIÇÃO
ESPECIAL

Seminário



FLORESTA
potencial energético brasileiro

ANAIS

Seminário



FLORESTA potencial energético brasileiro

SEXTA SESSÃO, realizada às 15h30 do dia 9/8/77, no Auditório G do Palácio das Convenções do Parque Anhembi — SP.

A FLORESTA PLANTADA COMO FONTE DE ENERGIA E MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— JOSÉ B. ARANHA
Klabin

MODERADOR

— MAURO REIS
PRODEPEF

CONFERENCISTA

— ALBERTO PEREIRA DE CASTRO (*)
IPT — USP

(*) Com equipe composta por: Rosely Viegas Assumpção, Israel Gochnarg, Márcio A. Rabelo Nahus, Oscar de Nucci, Maria Celina Santana Jordão, Oscar Terada e Kenji Takemoto.

A FLORESTA PLANTADA COMO FONTE DE ENERGIA E MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA

Alberto Pereira de Castro

Sumário Summary

Abordagem das florestas plantadas brasileiras, como fonte energética e de matérias-primas para a indústria química, dentro do conceito de floresta industrial racionalizada.

Discussão sobre os processos de primeira, segunda e terceira gerações para conversão da madeira, tanto em energia como em produtos químicos. Relato do atual estágio de desenvolvimento desses processos no país e no exterior.

Estimativa das necessidades brasileiras atuais e futuras de energia e produtos petroquímicos e possibilidades de substituição por derivados de madeira e seus resíduos; conclusão de que uma área florestal explorável, correspondente a 1% do território nacional, seria suficiente para, em 1990, suprir as necessidades previstas no Programa Nacional de Papel e Celulose, Plano Siderúrgico Nacional a Carvão Vegetal, Plano Nacional de Habitação, e o equivalente ao consumo estimado de petróleo. Isto significaria uma área imobilizada de 7 a 10% do território, para espécies com rotação de 7 a 10 anos, respectivamente.

Sugestões relativas ao desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de conversão da madeira para que esta fonte de matéria-prima atinja a necessária expressão no cenário nacional.

Planted Wood as Energy and Materials Source

Approaching of brazilian planted woods as energy and materials source to chemical industry, within a nationalized industrial wood concept.

Discussion about processes of first, second and third generations of Wood conversion, not only in energy but also in chemicals. Report of actual development stage of these processes in the Country and in foreign countries.

Estimate of present and future brazilian demands of energy and petrochemical products, and possibilities of replacement by wood derivatives and residues; conclusion that an exploitable forest area, correspondent to 1% of the national territory, would be sufficient to supply the demands foreseen for 1990 on the National Paper and Pulp Program, National Syderurgic Wood Coal Plan, National Habitation Plan, and the equivalent to the estimated oil consumption. This would mean an immobilized area of from 7 to 10% of the territory, for species of from 7 to 10 years rotation, respectively.

Suggestions related to development and improvement of wood conversion technologies, so that this raw material source achieves its necessary expression in the national scenery.

O professor Alberto Pereira de Castro é Diretor-Superintendente do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo. Nascido na Cidade de Mineiros, Goiás, formou-se em engenharia civil, em 1938, pela Escola Politécnica da USP. Na vida profissional tem tido atuação destacada como pesquisador e administrador tanto no setor público como privado.

Colaborou com a Coordenação da Mobilização Econômica, no setor de produção industrial, com a antiga Cexim (Carteira de Exportação e Importação) e participou dos trabalhos que levaram à criação do GEIA — Grupo Executivo da Indústria Automobilística, e do Geimec — Grupo Executivo da Indústria Mecânica, bem como do Grupo Executivo da Indústria de Material Ferroviário.

É membro do Conselho Diretor e Presidente da Seção Regional de São Paulo da ABM. É também membro do AIME (American Institute of Mining and Metallurgical Engineers) e do Instituto de Engenharia.

Desde março de 1967 é professor contratado da disciplina Problemas Econômicos Nacionais, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



Em 1975, tomou posse como Consultor Científico do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq.

Por portaria n.º 109/76 de 05-11-1976, da Fundação Getúlio Vargas, foi designado Membro Titular do Conselho de Administração da EAESP.

A FLORESTA PLANTADA COMO FONTE DE ENERGIA E MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA

Alberto Pereira de Castro

Muito tem sido escrito nos últimos tempos sobre os problemas gerados pela crise do petróleo e, a nosso ver, isso apenas reflete a perplexidade do mundo ante a conscientização de sua própria vulnerabilidade em relação às suas fontes energéticas e de matérias-primas; como conseqüência, toda a civilização desenvolvida com base nos recursos fósseis (petróleo, carvão, gás) está agora em busca de fontes alternativas de energia e de insumos industriais.

Como reflexo da crise econômica em vários países e a vários níveis, provocada pelas resoluções da OPEP, toda a humanidade está despertada para enfrentar um grande desafio: o de sobreviver dentro do modelo de civilização introduzido pela revolução industrial, caracterizado por uma utilização crescente de energia e insumos industriais, baseados em recursos fósseis, quando estes se extinguirem ou seus custos se tornarem proibitivos para os países que não os possuam.

Não se pode ficar apenas lamentando e criticando o cartel da OPEP pois, é sabido que a previsão é de um esgotamento próximo das reservas mundiais atualmente conhecidas se a demanda continuar crescendo a níveis atuais, onde o automóvel movido a gasolina e o plástico sob todas as formas hoje utilizadas, são símbolos do atual modo de vida. As resoluções da OPEP apenas anteciparam em algumas décadas o problema que teríamos que enfrentar mais tarde, e a tempo de nos prepararmos convenientemente para a convivência com outras fontes de energia e insumos industriais, que não sejam baseadas nas matérias fósseis.

No Brasil e em outros países, recursos e esforços estão sendo canalizados, tanto na otimização do uso das fontes energéticas e insumos industriais atualmente disponíveis, como principalmente na pesquisa e desenvolvimento de fontes alternativas, particularmente na fonte de insumos para a indústria química, com ênfase especial nas fontes renováveis.

A energia para movimentar fábricas, iluminar cidades, trazer conforto e lazer à população pode ser gerada por hidroelétricas, centrais nucleares, captação direta da energia solar, aproveitamento da energia dos ventos ou mesmo, pela conversão direta dos combustíveis fósseis ou seus derivados. Entretanto, as matérias-primas orgânicas dependem de uma fonte de carbono e, esta tem sido até o momento o petróleo, assim como a energia necessária ao transporte rodoviário, aéreo e fluvial ou marítimo.

O Sol é sem dúvida a maior fonte de energia que a Terra dispõe e, é à custa desta energia gratuita e abundante que a vida se desenvolve, inclusive gerando biomassa através da fotossíntese; esta energia fotossintética, acumulada pelas plantas, tem gerado nossos alimentos, uma infinidade de produtos orgânicos como papel, fibras naturais, borracha, etc., além dos materiais fósseis que geram os atuais combustíveis derivados do petróleo, tintas, medicamentos, fibras sintéticas, matérias plásticas e outros subprodutos.

O mundo, sem dúvida, está em busca de um substituto para o petróleo, o mais nobre dos materiais fósseis, sem ter que esperar milhões de anos para que a natureza possa produzi-los, através da decomposição da biomassa que fixou a energia fotossintética.

Uma das fontes alternativas e renováveis de energia que está merecendo grande atenção em todas as partes do mundo, é o aproveitamento maciço e racional da energia de biomassa na sua forma original, isto é, na forma de floresta plantada.

Nesta monografia, procurar-se-á focalizar as florestas plantadas como fonte de energia e de matérias-primas para a indústria química, dentro do conceito de floresta industrial racionalizada.

No Brasil, este tipo de floresta apresenta vantagens, muitas das quais já conhecidas, mas que podem ser enfatizadas:

- alta produtividade — segundo Dr. Helladio Amaral Mello, as florestas plantadas brasileiras têm aumentado sua produtividade média, passando de 20 m³ estere/ha. ano em 1968 para 35 m³ estere/ha. ano em 1975, devendo atingir 45 m³ estere/ha. ano (1).

- taxas de crescimento substancialmente maiores que as observadas no hemisfério norte;

- caráter dinâmico e renovável;
- homogeneidade, o que simplifica sua utilização como fonte de matéria-prima;
- possibilidade de ser planejada conforme a finalidade e a região de plantio;
- contribuição para a restauração do equilíbrio ecológico.

Como uma desvantagem, pode ser destacado o caráter de monocultura, porém este é um problema que se acredita poderá ser superado.

II. A FLORESTA PLANTADA COMO FONTE DE ENERGIA

O Brasil já tem uma certa tradição na utilização de recursos renováveis como fonte de energia. Grande parte da produção siderúrgica no Estado de Minas Gerais está baseada em carvão vegetal desde há muitos anos. Na tabela 1, tem-se uma idéia da distribuição da energia primária consumida no País em 1977.

O País produziu apenas 20% do petróleo consumido. A maior parte da eletricidade foi de origem hidroelétrica, cujo desenvolvimento futuro está limitado pela localização dos recursos hídricos. Somando-se o petróleo e carvão importados, cerca de 48% da energia primária consumida no Brasil vem do exterior. Entretanto, já existe uma certa tradição na utilização dos recursos renováveis pois lenha, bagaço de cana e carvão vegetal representaram em 1977, cerca de 30% da energia primária consumida. A utilização

TABELA 1 — CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA PRIMÁRIA NO BRASIL EM 1977

Fonte	Contribuição % (1977)	Milhões de equivalentes em óleo cru
Petróleo (Gás Nat., Alcool e Xisto)	43,7	46,356
Hidráulica	24,7	26,200
Carvão Mineral	3,7	3,973
Lenha	20,9	22,106
Bagaço de cana	3,9	4,085
Carvão Vegetal	3,1	3,236
TOTAL	100,0	105,956

Fonte: Balanço Energético Nacional — 1977 (39)
Ministério de Minas e Energia

das fontes de energia de origem vegetal é predatória: de uma parte, o rendimento energético é baixo, em decorrência de serem utilizadas tecnologias primitivas; e de outra parte, os danos ambientais produzidos podem mesmo ameaçar o conceito de recursos renováveis pela incapacidade da natureza recuperar-se no curto lapso de tempo em que importantes alterações são nela provocadas.

Há basicamente dois conceitos para utilização da floresta plantada como fonte de energia:

- o aproveitamento dos resíduos deixados nas florestas ou gerados nas indústrias que utilizam madeira como matéria-prima;
- a floresta plantada para gerar energia, seja por conversão direta ou indireta.

II.1. — Processos de conversão direta — 1.ª Geração.

A conversão direta de madeira em energia térmica é talvez a utilização mais antiga da energia fotossintética.

A própria utilização atual das florestas brasileiras tanto naturais como plantadas tem um componente não industrial, representado pelo uso da madeira como combustível residencial para aquecimento e cozinha, ou para indústrias cerâmica e de panificação entre outras. A quantificação desse componente é muito difícil. Não existem estatísticas confiáveis, mas uma estimativa grosseira indica um número da ordem de 160 milhões de m³ de madeira roliça por ano. (2) Isso corresponde a aproximadamente 144 milhões Kcal ou 18 milhões T E O C, que é aproximadamen-

te o dobro da produção de petróleo brasileiro estimada em 1976 em 8,8 milhões t óleo cru.

II.1.1. — A partir de resíduos na floresta.

As florestas plantadas brasileiras têm sido utilizadas basicamente para produção de celulose e carvão vegetal. A utilização para madeira serrada tem sido bastante limitada, em vista dos povoamentos serem ainda bastante jovens. Assim é que, para uma estimativa do potencial energético dos resíduos deixados na floresta, numa primeira aproximação, foram considerados apenas aqueles correspondentes à produção de celulose e de carvão vegetal (tabela 2). (3,4)

Utilizando-se o fator 0,37 para transformar toneladas de resíduos secos equivalentes para óleo cru, pode-se observar que es-

TABELA 2 — ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS DEIXADOS NAS FLORESTAS PLANTADAS

ANO	RESÍDUOS NA FLORESTA			Total t x 10 ⁶	E O C t x 10 ⁶ (3)	Produção estimada brasileira de petróleo t x 10 ⁶	%
	Celulose		Carvão				
	(1) Pinus spp t x 10 ⁶	(2) Eucaliptus spp t x 10 ⁶	(2) Eucaliptus spp t x 10 ⁶				
1978	0,24	0,90	0,35	1,49	0,55	13,4	4,0
1979	0,24	1,04	0,45	1,73	0,64	16,7	3,0
1980	0,36	1,28	0,59	2,23	0,82	23,3	3,0
1981	0,44	1,33	0,50	2,27	0,83	28,7	2,5
1982	0,47	1,33	0,60	2,40	0,88	35,3	2,5
1983	0,58	1,33	3,24	5,15	1,90	43,4	4,5
1984	0,58	1,42	3,32	5,32	1,97	46,4	4,3
1985	0,58	1,56	3,35	5,49	2,03	65,7	3,0

(1) Considerado apenas galhos e pontas (0,14 x peso seco m. roliça)

(2) Considerado apenas galhos (0,24 x peso m. roliça)

(3) Fator usado para lenha 1/t. lenha = 0,37 t O.C.

Ref.: Silvicultura — março/abril — 1977 (4)

— Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose (3)

— Silvicultura — maio/junho — 1976 (14)

TABELA 3 — PRÓS E CONTRAS DA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRAS

PRÓS	CONTRAS
1. Os resíduos de madeiras podem suprir necessidades de energia, principalmente se for levado em conta as dificuldades de obter combustíveis, bem como, respectivos aumentos de custos.	1. O volume de resíduos industriais pode ser insuficiente, a não ser que conte com os resíduos provenientes do corte na floresta, que são de alto custo.
2. A conversão madeira para energia, em unidades modernas, pode diminuir os indesejáveis efeitos causados ao meio ambiente pelos depósitos de resíduos originados junto às florestas e às fábricas.	2. São desencorajadoras as incertezas que se tem em relação aos custos e disponibilidades dos resíduos originados na floresta.
3. A opinião pública geralmente é a favor de utilizar os resíduos em lugar de simplesmente queimá-los.	3. Ainda não se encontra completamente demonstrada nem operante, uma tecnologia eficiente, econômica e não poluidora para transformar resíduos de madeira em energia elétrica em unidades geradoras.
4. A geração de energia junto às indústrias de madeira, pode ter dupla vantagem: providenciar as necessidades de energia elétrica e vapor requeridos do processo.	4. As erosões de tubos de caldeiras e teores de cinzas volantes são maiores com combustíveis à base de madeiras do que com combustíveis fósseis.
5. As combinações de resíduos de madeiras com rejeitos municipais podem ser queimadas juntas para produzir energia e resolver problemas de disposição ao mesmo tempo.	5. As demandas de matéria-prima acarretam variações nos volumes de resíduos na indústria e na floresta, com uma tendência a longo-prazo de aumento do uso desses resíduos para produtos.
6. Os resíduos de madeiras podem substituir combustíveis em pequena escala, permitindo, dessa forma, que os combustíveis correntes tenham outros usos.	6. O custo de capital de uma unidade baseada em combustível de resíduos de madeira é aproximadamente o dobro do custo de uma usina nuclear com a capacidade equivalente nos EE.UU.
7. Podem ser reduzidas as dependências estrangeiras de combustíveis, quando drásticos cortes de suprimentos estão em perspectivas.	
8. O uso de resíduos de madeiras para geração de energia economiza custos de disposição desses resíduos, que de outra forma seriam necessários.	
9. A conversão madeira-energia não produz os indesejáveis compostos de nitrogênio e enxofre.	

Ref.: Grantham et all, 1974

ses resíduos até 1985 representarão por volta de 4 a 5% da produção estimada brasileira de petróleo.

A possibilidade de utilização dos resíduos deixados na floresta se torna mais significativa quando estes são utilizados pelas próprias indústrias que os geram.

Assim se consideramos:

- consumo específico médio de energia para produção de pastas celulósicas como: 9×10^6 Kcal/t. pasta seca;
- galhos e pontas deixados na floresta como: 0,47 t/t (pasta) seca;
- poder calorífico médio 4400 Kcal/Kg seco de resíduos e fator de conversão direta: 0,8. (2)

Verificamos que esses resíduos potencialmente poderão gerar 16 — 17% da energia total necessária ao processo.

II.1.2. — A partir de resíduos na indústria.

Nas indústrias de celulose os resíduos gerados são normalmente provenientes de operações de descascamento e dos finos do picador, estes últimos estimados em 5%.

Tomando por base as projeções de produção de celulose de fibra longa da APFPC para 1985 e supondo que 90% dessa produção venha a ser de *Pinus* spp. e que o rendimento do processo seja de 45% em relação à madeira seca, pode-se estimar uma produção de resíduos na indústria da ordem de 1,2 milhões t secas. (3)

Esses resíduos poderão gerar aproximadamente 20 — 24% da energia necessária no processo.

Para os Eucaliptos que apresentam casca mais fina essa porcentagem será menor.

Os resíduos gerados em operações de conversão mecânica são representados por serragens, cavacos de plaina etc. As nossas florestas plantadas passarão a ter uma contribuição maior na parte de conversão mecânica a partir de 1990 considerando como idade média de corte de 20 anos.

Estudos realizados nos EE.UU mostraram que a energia gerada por esse tipo de resíduo pode ser situada na faixa de 20 a 40% das necessidades totais. (5)

A viabilidade de utilização dos resíduos florestais sejam eles gerados na floresta ou nas próprias indústrias está governada pelo custo da coleta, transporte e preparação e o investimento inicial necessário. Além dos fatores econômicos deve-se levar em conta o custo que haveria para descarte desses resíduos, principalmente aqueles ligados à poluição ambiental.

A utilização de resíduos tem portanto prós e contras que estão resumidos na tabela 3. (6)

II.1.3. — A partir da floresta plantada.

A outra possibilidade como já dissemos é a de plantar árvores para produção de energia.

Estudos feitos nos EE.UU pela Weyerhaeuser Co., para uma de suas fábricas de

1800 t/dia de papelão, mostraram que seria necessário plantar uma área adicional correspondente a 16% de área necessária para fibra, para produzir madeira como combustível na instalação. Esses estudos consideram também a utilização dos resíduos gerados no processo e uma rotação da floresta de 4 anos. O retorno do investimento calculado para o caso base foi de 5,5% a. ano. (7)

A análise de sensibilidade para avaliar a influência dos vários fatores na taxa de retorno mostrou:

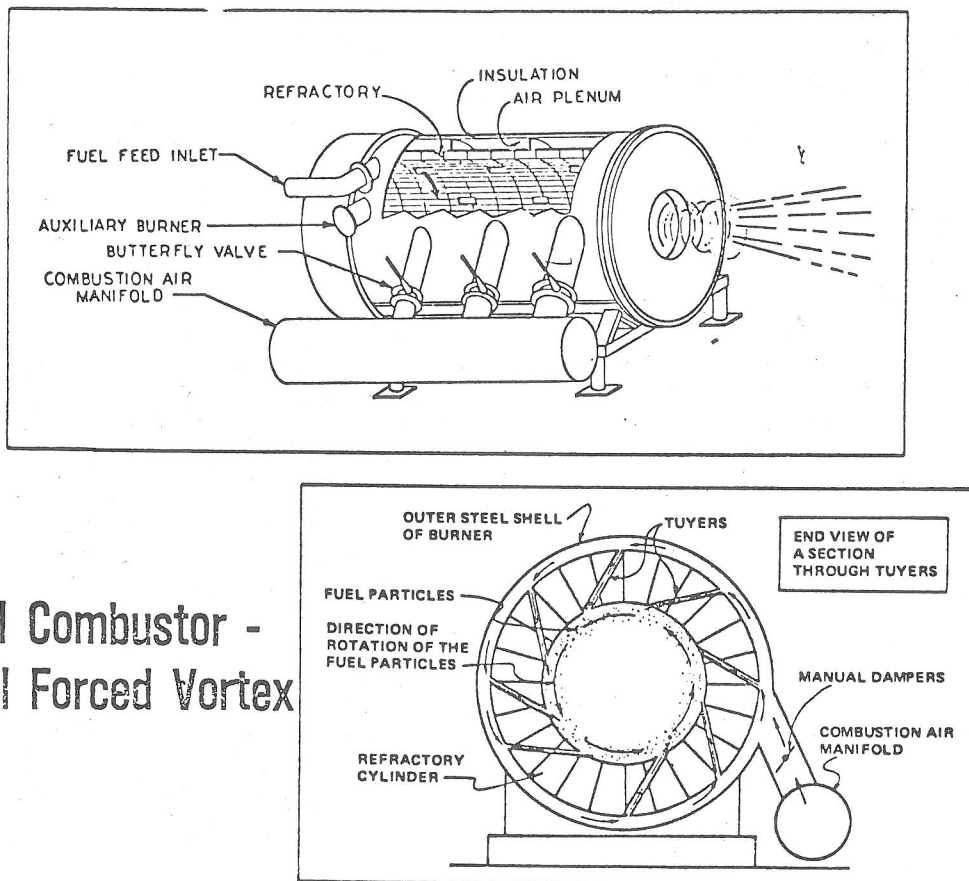
- fatores que têm pouca influência: preparação do terreno, plantio, fertilização, gerenciamento e transporte;
- fatores de grande influência que podem comprometer a viabilidade: preço da terra, um aumento de 20% diminui a taxa de retorno em 10%;
- rendimento da floresta: um aumento de 20% aumenta a taxa de retorno em 40%, porém uma diminuição em 20%, torna o investimento antieconômico;
- custo de exploração e taxa de retorno esperado.

Aqui no Brasil no entanto, a situação pode se afigurar diferente levando-se em conta algumas vantagens e desvantagens;

Como vantagens podemos apontar:

- maior produtividade de nossas florestas;
- preço das nossas terras provavelmente mais baixo.

FIGURA 1. Sistema Moderno de Combustão de Madeira



Special Combustor - Horizontal Forced Vortex

Source: Energex Ltd.

Ref: USDA - Forest Service 1976

Como desvantagem, temos a pouca experiência brasileira no campo de conversão direta de madeiras.

Ressalta-se que os sistemas de combustão de madeira no Brasil são ainda relativamente primitivos quando comparados àqueles utilizados no exterior como podemos ver na figura 1. (8,9)

O preço dos combustíveis fósseis poderá tornar essa alternativa viável em menor prazo; entretanto, aqui, como lá, será necessário melhorar as técnicas de corte e coleta da madeira, introduzindo, já na época do plantio, o conceito de floresta mecanizada.

Dentro desse conceito de utilização integral das árvores, não devemos nos esquecer do problema do esgotamento do solo, pois os galhos, folhas e pontas das árvores normalmente são as partes ricas em micronutrientes, que desempenham um papel importante na manutenção da produtividade local do solo. Para solos ricos o problema não é tão sério, entretanto estes solos são normalmente destinados à produção de alimentos.

Alguns estudos preliminares feitos pelo Virginia Polytechnic Institute, mostraram que esses nutrientes desempenham um papel importante no mecanismo de sobrevivência da floresta. Estudos nesse sentido deverão ser feitos de forma a minimizar esses efeitos. (10,11)

A utilização de florestas plantadas em processos de 1.ª geração poderá ser atrativa em regiões que não disponham de outras fontes de energia.

Considerando que 1 Kwh de energia térmica, por razões termodinâmicas, somente pode produzir 1/3 Kwh de energia elétrica, pode-se estimar qual a área necessária de floresta para alimentar uma central termoelétrica de 50 MW. (6) Supondo uma rotação de 7 anos, produtividade de 50 t/ha e um fator de conversão direta de cerca de 0,8, a área necessária de corte por ano é de 6280 ha/ano e a área imobilizada é de 44.000 ha.

Considerando o preço da lenha da ordem de Cr\$ 194,00/ton. seca na floresta, a madei-

ra contribuirá com uma incidência no custo do Kwh de Cr\$ 0,14.

11.2. — Processos de produção de energia — 2.ª Geração.

São processos para os quais já se dispõe de tecnologia estrangeira e que dão origem também a combustíveis líquidos e gasosos. A tecnologia nacional deverá ser desenvolvida e os processos adaptados às nossas condições. Entre esses processos temos:

11.2.1. — Destilação seca.

O Brasil é um dos maiores produtores de carvão no mundo. A maior parte deste carvão se destina à indústria siderúrgica, onde funciona como redutor e combustível. O carvão é fabricado em forno de superfície ou fornos de encosta e se utiliza na maioria das vezes de material proveniente de cerrados, matas nativas e eucaliptais. Por volta de 1983, os cerrados, bem como as matas nativas exploráveis já estarão praticamente extintas e a partir daí, serão utilizadas lenhas provenientes dos eucaliptais que já estão sendo formados em grande escala.

Nos processos usados de carbonização, não se aproveitam os destilados que são formados por misturas orgânicas complexas, principalmente ácido acético, metanol, e alcatrões além de gases não condensáveis que têm um razoável poder combustível. Estes compostos são passíveis de recuperação e refino e para tal já existe tecnologia desenvolvida em outros países. Tais produtos, seus processos de recuperação, bem como suas utilizações serão abordadas "a posteriori", pois constituem matéria-prima para a indústria química, não sendo usados como combustíveis, exceção feita apenas aos alcatrões e gases não condensáveis, que podem ser usados como matéria-prima e como combustíveis. (12,13)

11.2.1.1. — Produtos combustíveis: carvão, alcatrão e gás não condensável.

Na tabela 4 tem-se uma estimativa do consumo de carvão vegetal, a partir de eucaliptos, com projeção até 1985, bem como o equivalente em madeira seca necessária. (14)

Se considerarmos que o carvão fosse fabricado em processos sem combustão parcial da lenha, com recuperação dos voláteis, haveria uma economia em madeira pois tais processos têm rendimento maior na transformação lenha-carvão.

Assim, de dados obtidos da FAO, (12) pode-se obter os seguintes rendimentos dos produtos de destilação, em processos com recuperação.

Produto	base seca (%)
Carvão	38,0
Gases não condensáveis	20,0
Alcatrão insolúvel	7,0
Alcatrão solúvel	3,0
Fração aquosa	33,0

Os alcatrões podem ser utilizados como combustíveis, bastando para isto submetê-los a um tratamento térmico para desidratá-los e desacidificá-los. É um processo de aquecimento direto, feito com vapor livre. O poder calorífico inferior deste alcatrão desidratado é da ordem de 6.500 Kcal/kg. (15)

Os gases não condensáveis podem ser utilizados no próprio processo de carbonização para suprir parte da demanda energética necessária ao processo para vencer a fase endotérmica. Possuem um poder calorífico inferior da ordem de 1700 Kcal/m³ N e 1 ton. de madeira seca fornece aproximadamente 150 m³ N de gases não condensáveis. (15)

Com o rendimento em carvão de 38% em relação à madeira seca e o de alcatrões da ordem de 10%, pode-se estimar o potencial de madeira necessária para a mesma produção de carvão, bem como a quantidade de

TABELA 4 — ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DOS ALCATRÕES E GASES NÃO CONDENSÁVEIS

	Processos usuais			Processos com recuperação									
	Consumo carvão de eucalipto 10 ⁶ MDC	Consumo de madeira seca 10 ⁶ t	Consumo de madeira seca 10 ⁶ t	Alcatrões					Gases não condensáveis			Total alcatrões + gases	% sobre Produção B. Petróleo
				10 ⁶ t	10 ¹² Kcal	EOC+ 10 ⁶ t	% Produção Brasileira de Petróleo	10 ⁶ t	10 ¹² Kcal	EOC 10 ⁶ t	EOC 10 ⁶ t	%	
1976	1,5	0,78	0,56	0,06	0,39	0,03	—	0,11	0,14	0,01	0,04	—	
1977	2,4	1,26	0,90	0,10	0,65	0,06	—	0,18	0,23	0,02	0,08	—	
1978	3,6	1,89	1,05	0,10	0,65	0,06	0,37	0,21	0,27	0,02	0,08	0,5	
1979	3,6	1,89	1,35	0,14	0,91	0,08	0,50	0,27	0,35	0,03	0,11	0,7	
1980	4,7	2,46	1,75	0,18	1,17	0,10	0,43	0,35	0,46	0,04	0,14	0,6	
1981	4,0	2,10	1,50	0,15	0,98	0,09	0,30	0,30	0,39	0,03	0,12	0,4	
1982	4,8	2,52	1,80	0,18	1,17	0,10	0,30	0,36	0,47	0,04	0,14	0,4	
1983	26,0	13,52	9,66	0,97	6,31	0,58	1,2	1,93	2,51	0,23	0,81	1,9	
1984	26,6	13,83	9,88	0,99	6,43	0,59	1,2	1,99	2,59	0,24	0,83	1,8	
1985	26,8	13,94	9,96	1,00	6,50	0,60	0,9	2,00	2,60	0,24	0,84	1,3	

Poder calorífico médio adotado do óleo combustível — 10.800 kcal/kg

Poder calorífico médio dos alcatrões desidratados — 6.500 kcal/kg

Poder calorífico médio dos gases não condensáveis — 1.270 kcal/kg

Ref.: Silvicultura — Maio/junho — 1976 (14)

alcatrões e gases não condensáveis, que pode ser visto na tabela 4.

Dados obtidos da FAO (12) indicam que para carbonizar 1 st de madeira dura com 20% de umidade (400 kg), é necessário o fornecimento de energia de 210.000 Kcal, desde que se considere a utilização do conteúdo energético dos gases não condensáveis. Portanto, para 1,25 t de madeira úmida (20%) que contém 1 t de madeira seca, seriam necessárias 656.000 Kcal.

Assim, considerando que seja possível a recuperação dos alcatrões, seriam obtidos aproximadamente 580.000 Kcal. Portanto, para a carbonização seriam necessárias apenas 76.000 Kcal. Considerando a madeira úmida (20%) com um poder calorífico da ordem de 3000 Kcal/kg seriam necessários apenas 25 kg de madeira úmida para suprir a demanda energética do processo para carbonizar 1,25 ton. de madeira úmida (umidade 20%). Em porcentagem, isto representa apenas 2%. No caso de não se utilizar os alcatrões, a madeira a ser usada como combustível é da ordem de 16% em relação à madeira total, supondo utilização dos gases não condensáveis.

II.2.1.2. — Finos de carvão.

O carvão vegetal, devido à sua natureza friável, produz muito material fino, que não se presta para uso em altos fornos. Este material é produzido principalmente durante o transporte e no peneiramento do carvão. Esta quantidade varia de 20 a 30% em peso, sendo portanto bastante elevada. Estes finos, comumente denominados moinha de carvão vegetal, são em parte aproveitados como combustíveis no processo de sinterização dos finos de minério.

Usos alternativos dessa moinha de carvão vegetal, corresponderiam à:

— queima em fornalhas de caldeiras para geração de vapor d'água simplesmente, ou associada a sistema turbo-gerador para geração de energia elétrica.

— Emprego diretamente em maçaricos de aquecimento de fornos, caldeiras etc.

— Na forma finamente dividida, misturado a finos de óxidos metálicos ou minérios oxidados, sob forma de pelotas ou briquetes e submetidos a uma operação de fusão reductora em forno elétrico de fusão.

Pode-se fazer uma estimativa da quantidade de finos gerada, com o valor médio de 25% em relação ao carvão original. Tal estimativa se encontra na tabela 5, bem como o potencial energético dos mesmos.

Em resumo, se considerarmos aproveitamento total dos finos de carvão (25%), processos de carbonização com aproveitamento da energia dos alcatrões e gases não condensáveis, a correspondente economia de madeira em relação aos processos usuais será:

1 ton. madeira seca fornece 0,27 ton. de carvão, dos quais 0,07 t se perdem na forma de finos e parte da madeira é usada como combustível.

Aproveitando os gases e alcatrões, a madeira a ser usada como combustível será apenas 2% de madeira total usada. Os finos representam em média 26% da madeira usada. Portanto, partindo de 1 ton. seca de madeira, tem-se: uma economia aproximada de 35% de madeira seca, com aproveitamento dos combustíveis gerados no processo e dos finos:

II.2.2. — A hidrólise de madeira.

A madeira consiste de dois componentes básicos: carboidratos e lignina. Os carboidratos podem por hidrólise ácida gerar açúcares fermentáveis, C_6 , os quais poderão dar por fermentação, etanol.

O processo German Scholler utilizado durante a 2.ª Guerra Mundial, pode produzir 183 l de etanol por tonelada de madeira seca e o processo Madison cerca de 238 l/ton. madeira seca. (8,13)

Assim, tomando por base a produtividade das nossas florestas de eucaliptos tem-se uma estimativa da produção de etanol por ha (tabela 6).

Outros produtos são obtidos na hidrólise ácida e voltaremos a falar quando abordarmos a floresta plantada como fonte de produtos químicos.

Os carboidratos da madeira podem também ser convertidos em açúcares mais simples por meio de processos enzimáticos. Esses processos estão em desenvolvimento em fase de laboratório. Alguns estudos realizados nos EE.UU no U.S. Army Natick Laboratory mostraram que a celulose com alto teor de lignina é muito resistente à hidrólise enzimática, sendo necessário, para melhorar o rendimento do processo, uma delignificação parcial ou utilizar madeira finamente dividida. Isto acarreta custos adicionais no processo comprometendo sua viabilidade econômica. O custo de produção de etanol, por esse processo extrapolado a partir de dados de laboratório, é da ordem de Cr\$ 13,00/l de etanol. (8)

II.2.3. — Gaseificação de madeira.

A gaseificação de madeiras é obtida em processos de pirólise em presença de quantidades controladas de ar ou misturas de oxigênio e vapor de água em diferentes proporções. A composição volumétrica dos gases

obtidos varia com o tipo de forno de gaseificação e tipo de gás introduzido no forno.

Na tabela 7, tem-se uma comparação entre os diferentes processos, bem como, o poder calorífico médio em Kcal/m³ do gás gerado nesses fornos. (8,15,16,17)

A utilização dos gases como fonte de energia pode ser:

- combustão direta — como é feita nos fornos de cal. A eficiência da combustão é bastante alta;
- como combustível em motores diesel e turbinas a gás;
- os gases produzidos por gaseificação em presença de O_2 podem ser utilizados como reductores diretos em fornos siderúrgicos.

O gás produzido num forno Lacotte em queima a ar, por exemplo, pode ser utilizado como combustível em motor diesel e este, acoplado a um alternador pode gerar energia elétrica na proporção de 1 kwh por 1 a 1,2 kg de madeira seca. O gás é queimado no motor juntamente com uma quantidade de óleo diesel que varia de 5 a 15%. (15)

Na tabela 8 tem-se uma avaliação da incidência do valor da madeira, considerados vários preços, no custo do kwh produzido.

Esse processo de geração de energia apresenta o inconveniente de que, para grandes produções necessita de muitos fornos o que dificulta a operação e manutenção.

Para pequenas instalações, quando as centrais por queima direta de madeira se tornam pouco viáveis, pelo seu alto custo de capital, esses processos poderão vir a ser uma alternativa válida.

II.3. — Processos de 3.ª geração.

São processos para os quais ainda se está desenvolvendo tecnologia mesmo no exterior.

O processo ideal, que menor transtorno traria para o atual estado tecnológico do

TABELA 5 — POTENCIAL ENERGÉTICO DOS FINOS

Ano	Carvão		Finos	
	10 ⁶ t	10 ⁶ t	10 ¹² kcal	EOC 10 ⁶ t
1976	0,38	0,10	0,7	0,06
1977	0,60	0,15	1,1	0,10
1978	0,70	0,18	1,26	0,12
1979	0,90	0,23	1,61	0,15
1980	1,20	0,30	2,10	0,19
1981	1,00	0,25	1,75	0,16
1982	1,20	0,30	2,1	0,19
1983	6,50	1,63	11,4	1,05
1984	6,65	1,66	11,6	1,07
1985	6,70	1,68	11,8	1,09

Fatores: carvão: 0,25 t/m.d.c. (Consider)

finos: 25% em peso, poder calorífico superior 7000 kcal/kg

óleo cru: poder calorífico superior 10.800 kcal/kg

Ref.: Silvicultura — maio/junho 1976 (14)

— Oliveira, L. et all — 1959 (34)

TABELA 6 — ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE ETANOL/HA

Processo	l/t seca	Produção etanol l/ha	
		50 tm.s/ha	100 tm.s/ha
German Scholler	190	9.500	19.000
Madison	240	12.350	24.700

TABELA 7 — COMPARAÇÃO DOS VÁRIOS PROCESSOS DE GASEIFICAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

PROCESSO	LACOTTE		PUROX	BATTELE	MOORE - CANADA	PYROTEK	MONT SANTO LANGARD	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	THERME
	Ar	O ₂ + H ₂ O(v)							
Tipo Reator	vertical carga móvel	vertical carga móvel	vertical carga móvel	vertical carga móvel	vertical carga móvel	vertical carga móvel	fornalha giratória	vertical-duplo leito fluidizado do duplo	vertical leito fluidizado
Tipo Alimentação	madeira pedaços	madeira pedaços	lixo	madeira e lixo	Resíduos madeira	Resíduos orgânicos	Resíduos	lixo urbano	Madeira
Gás alimentado	ar	O ₂ + H ₂ O (v)	O ₂	ar + H ₂ O (v)	ar + H ₂ O (v)	—	ar	ar	ar
Produção m ³ /ton seca alimentada	2950	1800	570	—	2480	230	1700	—	—
Poder calorífico médio Kcal/m ³	1100-1200	2100	2600-3500	1500	1400-1700	4300	1100	2200-2800(1)	baixo poder calorífico
Kcal/ton seca alimentada	3,4 x 10 ⁶	3,8 x 10 ⁶	1,9 x 10 ⁶	—	3,7 x 10 ⁶	1,1 x 10 ⁶	2 x 10 ⁶	—	—
madeira 5000 Kcal/Kg	68	76	—	—	72 — 78	—	—	—	—
madeira 4000 Kcal/Kg	77	86	—	—	83	—	—	—	—
resíduo sólido 2700 Kcal/Kg	—	—	70 — 80	—	—	40	74	—	—
Diâmetro Reator (m)	2,0	2,0	3,7	0,9	2,9	—	—	—	2,44
Tipos de produtos	gases ou gases e carvão	gases	gases alcatrões	gases	gases, compostos orgânicos	gases carvão	gases carvão	gases	carvão gás
Estágio de desenvolvimento	Industrial	Industrial	Industrial	Piloto	Industrial	Piloto	Industrial	Experimental	Semi industrial
Capacidade por forno (ton alimentação/hora)	1,4 — 2,8	1,4 — 2,8	5	—	1 — 3	0,1	55(2)	—	2,2

(1) Baseado em gás obtido a partir de carvão na Austrália

(2) Capacidade total da instalação

Ref.: Mackay — 1976 (16)

Raphael Katsen Associates — 1975 (8)

Intergrup Consulting Econ. Ltd. — 1976 (17)

Centre Technique Forestier Tropical — 1971 ((15)

M. de Lacotte — 1977 (37)

mundo, seria aquele que conseguisse transformar materiais orgânicos em um produto semelhante ao petróleo, simulando artificialmente em curto tempo as transformações que levaram milhões de anos para serem efetuadas pela natureza. São processos que visam transformar materiais orgânicos em óleo. (18)

São os processos baseados nos métodos de liquefação de carvão utilizando CO e/ou H₂ como redutores. Estes reduzem o teor de oxigênio de matéria orgânica dando um

líquido de alto poder calorífico semelhante ao óleo n.º 6. (19,20)

O processo atualmente em desenvolvimento nos E.U.A., pela ERDA, é baseado no processo PERC de gaseificação de carvão e lignitos que utiliza CO como redutor em presença de carbonato de sódio como catalizador. Uma planta experimental, com capacidade de aproximadamente 3 t.s./dia, no valor de \$3,700,000, foi inaugurada em dezembro p. passado, em Albany, Oregon. No qua-

dro 1 tem-se o fluxograma simplificado do processo. (20)

Até meados deste ano estava programada a verificação das operações unitárias envolvidas e, em seguida, operação contínua da unidade. No início estão sendo utilizados cavacos de madeira para celulose como matéria-prima; mais tarde serão testados outros materiais. Não há ainda dados sobre rendimentos e composição do produto. Será verificada também a utilização de H₂ como redutor e de mistura H₂ + CO. É um processo que utiliza altas pressões e temperaturas. A pressão no reator é da ordem de 4000 psig e a temperatura de 750°F.

Um dos maiores problemas encontrados é o fato de tratar-se de um processo heterogêneo onde se tem uma fase gasosa reagindo com uma fase sólida. Para melhorar as condições de reação no reator e facilitar o transporte de materiais, a madeira, finamente dividida, é misturada com um óleo na proporção de 30-50% de madeira. (20)

TABELA 8 — ESTIMATIVA DA INCIDÊNCIA DO PREÇO DA MADEIRA NO CUSTO DO Kwh

	Na floresta		100 km		150 km	
			Rodov.	Ferrov.	Rodov.	Ferrov.
Preço da madeira (Cr\$/t.s.)	194,00		247,00	225,80	273,50	241,70
Custo madeira/Kwh (Cr\$/Kwh)	0,221		0,281	0,257	0,312	0,275

Valores considerados

a. Preços considerados:

- Eucalipto em pé Cr\$ 35,00/m³st
- Abate e empilhamento na floresta Cr\$ 12,50/m³st
- Remoção até local de carga Cr\$ 12,00/m³st

b. Madeira seca de Eucalipto = 304 kg/m³st

c. Transporte Rodoviário: Cr\$ 0,53/t x km

Ferrovário: aproximadamente 60% do valor acima

O preço industrial do Kwh é da ordem de Cr\$ 0,236/Kwh

O Kwh residencial é da ordem de Cr\$ 1,00/Kwh para o consumidor

Fontes: Itapeva Florestal — 1977 (35)

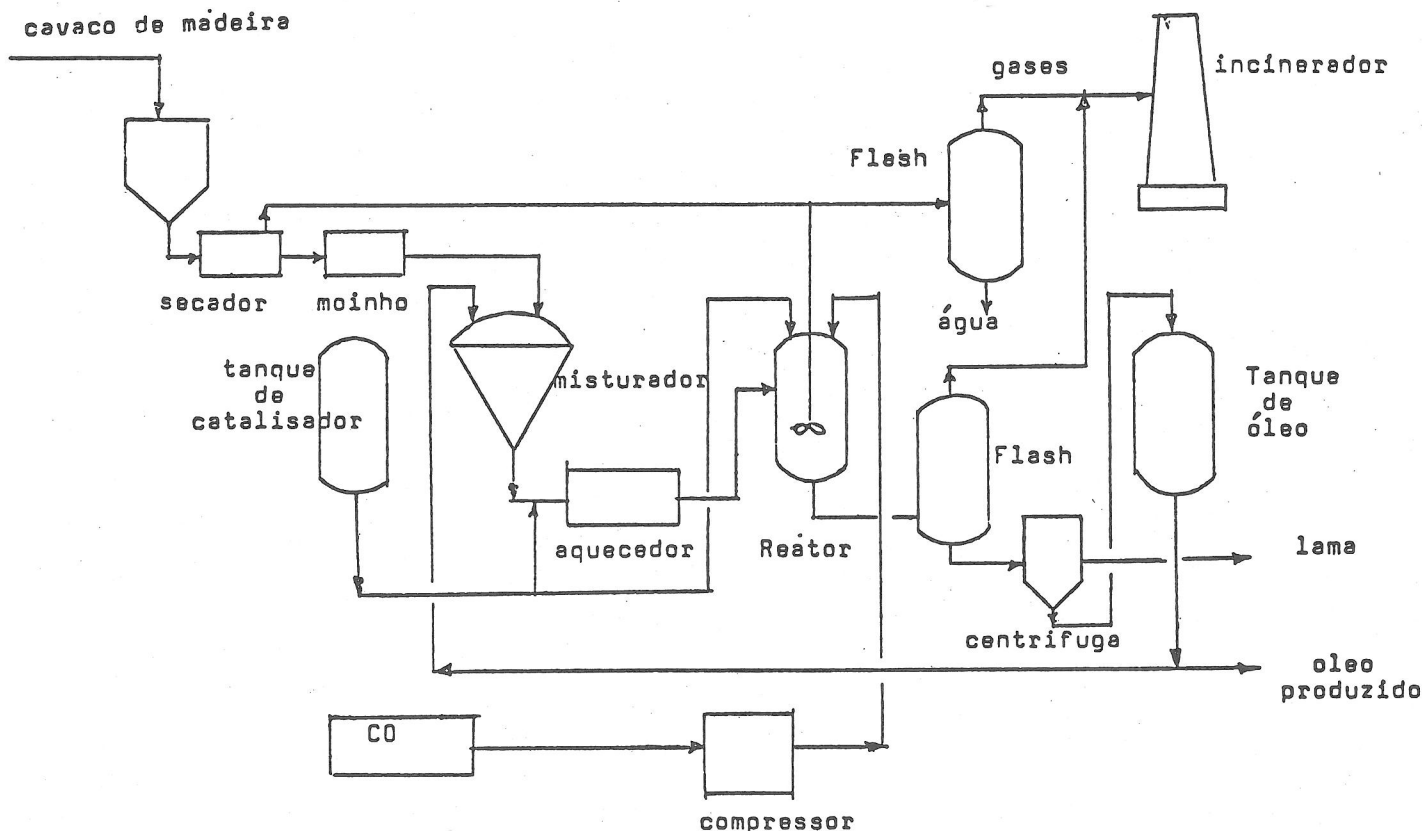
III. A FLORESTA PLANTADA COMO FONTE DE MATÉRIA-PRIMA

III.1. — Os processos de 1.ª geração.

III.1.1. — Pastas celulósicas.

O Setor de celulose é, sem dúvida, a maior indústria de aproveitamento da madeira como matéria-prima. O Brasil é reconhecidamente um dos países que pode vir a

QUADRO 1 - PROCESSO CATALÍTICO DE LIQUEFAÇÃO DE MADEIRA



Fonte: Wood to oil Process - Albany, Oregon, 1977

ocupar uma posição de destaque entre os produtores mundiais. De acordo com o PNCP a capacidade de produção de pastas celulósicas brasileiras deverá atingir, no ano 2000, 10% da capacidade mundial.

No período de 1980 a 1985, de acordo com previsões da FAO, a capacidade de produção de pastas químicas aumentará em 17 milhões de toneladas. Dessa quantidade os Estados Unidos deverão contribuir com 5,1 milhões de toneladas e o Brasil com 3,1 milhões de toneladas. (3)

As pastas químicas representaram cerca de 85% da produção brasileira de celulose em 1975. Essa participação deverá aumentar pois das ampliações previstas até 1985, estimadas em 11.325 t/dia, 95,4% serão de pastas químicas.

A produção mundial é ainda em grande parte de pastas químicas. Entretanto, considera-se que a indústria de celulose e papel deverá sofrer mudanças nas próximas décadas, pressionada pela redução de recursos hídricos, energéticos, produtos químicos, matéria-prima fibrosa, recursos de capital e problemas de poluição do meio ambiente.

Assim é que muitos estudos estão sendo desenvolvidos para tentar encontrar soluções viáveis para esses problemas.

Os processos de alto rendimento têm sido enfocados com grande interesse nos últimos anos. (21) Entre esses processos têm se destacado os processos termomecânico e químico-mecânico em razão da baixa poluição que geram, do baixo consumo de reagentes, do alto aproveitamento da matéria-prima e da melhor qualidade das pastas produzidas quando comparadas com as pastas mecânicas tradicionais. Muitas indústrias estão sendo instaladas e a tabela 9 dá uma idéia do número de instalações existentes no mundo. Cabe observar que em 1975 havia 19 instalações e em 1977 esse número chega a 64. (21)

A tecnologia, porém, ainda está em desenvolvimento e muitos estudos estão sendo

feitos, visando principalmente reduzir o consumo de energia, que é da ordem de 110-120 HP/t. seca.

A grande maioria das instalações existentes trabalha com madeira de fibra longa. A viabilidade de sua aplicação aos eucaliptos brasileiros deverá ser estudada pois a ação mecânica do desfibramento poderá comprometer a qualidade da pasta produzida. O IPT está montando uma usina piloto com capacidade de produção de 8 t/dia. Essa planta, cujo fluxograma está no quadro 2, deverá entrar em operação dentro de 1 ano.

Na área de pastas químicas novos processos de delignificação estão sendo pesquisados visando, entre outras coisas, reduzir a carga poluidora dos processos tradicionais. A polpação alcalina com oxigênio apresenta boas possibilidades e de acordo com o Dr. Bengt Leopold, (22) do ESPRI, Syracuse, a combinação de pasta termomecânica com polpação por oxigênio seguida de branqueamento com

ozona parece bastante promissora. A visualização de uma indústria de celulose do futuro está no quadro 3.

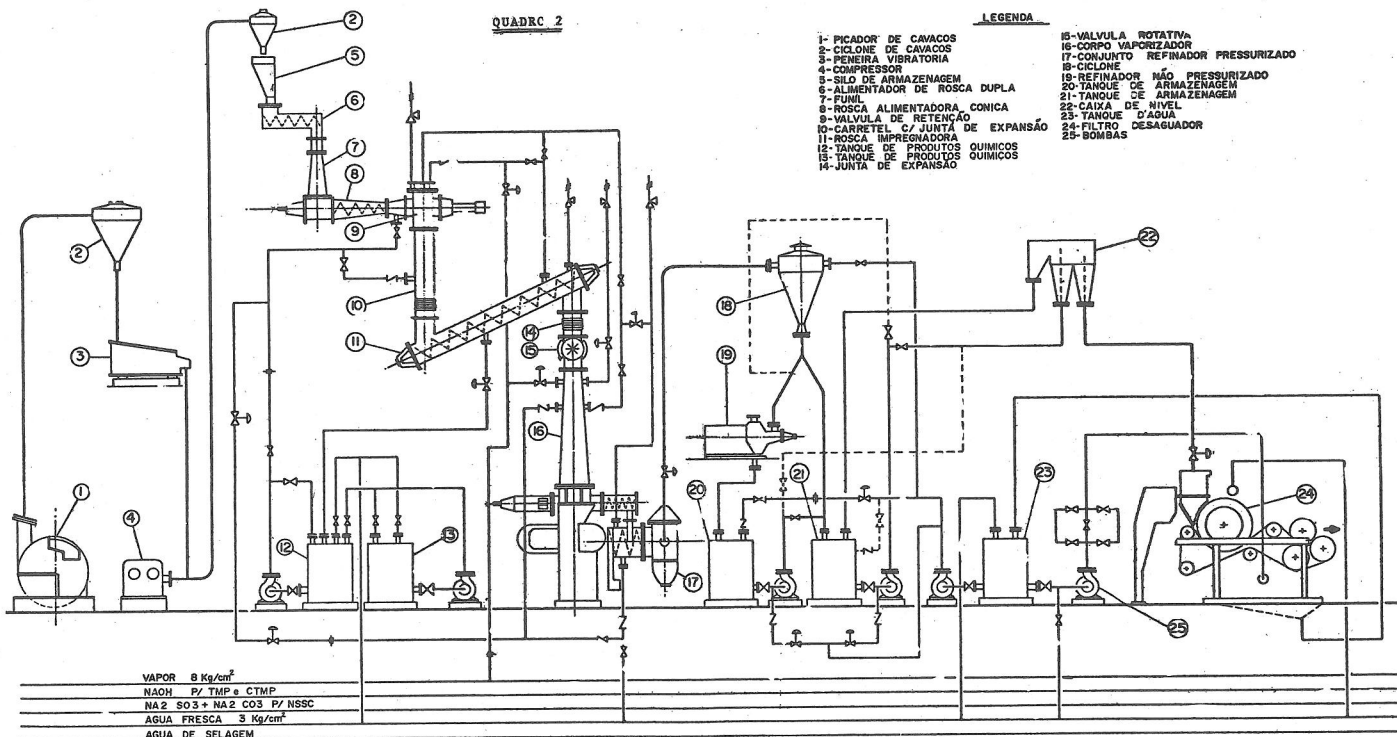
Nos processos tradicionais de produção de celulose utiliza-se apenas a madeira do tronco descascada, deixando-se via de regra na floresta os galhos finos, pontas, folhas etc. Estudos objetivando a utilização integral da árvore estão sendo desenvolvidos no exterior. Há dois conceitos de utilização integral da árvore que gostaríamos de ressaltar: um relacionado com o cozimento da árvore inteira e outro que utiliza a madeira roliça, porém, aproveita todo resíduo deixado na floresta e aquele retirado na própria instalação como combustível para gerar energia.

Os processos dentro do primeiro conceito estão em desenvolvimento e sua viabilidade técnica e econômica ainda está sendo estudada. Assim, não se sabe se as vantagens de uma maior produção de celulose por hectare poderão ou não compensar as desvanta-

TABELA 9 — PLANTAS DE PASTAS TERMOMECÂNICAS EXISTENTES NO MUNDO

País	N.º instalação	Capacidade t/dia	Produtos
Estados Unidos	17	2.555	Papel base, imprensa moldado
Suécia	14	2.510	impresa, magazine, cartão
Canadá	11	1.935	impresa, cartão
Finlândia	6	1.114	Imprensa, offset
Noruega	6	713	papel base, magazine, jornal
Japão	3	1.195	jornal
Alemanha	2	190	moldados, papel base
França	2	240	cartão, magazine
Irlanda	1	100	polpa especial
Grécia	1	310	Imprensa
China	1	165	Imprensa
TOTAL	64	11.027	

Ref.: Leask, R. — 1976 (21)



gens de: maiores problemas durante o processo e, o aumento do consumo de reagente para deslignificação e branqueamento.

III.1.2. — Destilação seca com recuperação de voláteis.

Tais processos já existem desenvolvidos em outros países, mas são muito discutíveis ainda quanto à sua viabilidade econômica. No caso brasileiro, tais processos podem vir a ser competitivos devido às elevadas quantidades de carvão que são manipuladas, bem como aos preços das nossas madeiras. Isto no entanto, ainda precisa ser verificado.

O processo é composto fundamentalmente por três estágios. (12)

- carbonização;
- desalcoólização e

— tratamento do licor pirolenhoso, que podem ser vistos no quadro 4.

Os produtos voláteis condensáveis são formados por uma camada aquosa e uma orgânica, não miscíveis entre si. A camada aquosa contém uma pequena parte de substâncias orgânicas dissolvidas, como os alcatrões solúveis. A camada orgânica, não miscível com a aquosa é formada pelos alcatrões fixos.

Os compostos passíveis de recuperação econômica são: o ácido acético, o metanol e os alcatrões, como mostra o quadro 4.

Com respeito ao uso dos voláteis condensáveis pode-se citar:

- o ácido acético, que é obtido por destilação azeotrópica, sendo praticamente anidro, pode ser usado para fabricação de:

acetato de celulose, acetato de vinila, ésteres e outros.

- o metileno, que é a denominação dada à mistura de metanol (80%) e óleos leves retirados do 1.º estágio de recuperação, pode ser usado para desidratação de álcool etílico.

O tratamento convencional dado aos alcatrões de madeira, consiste em desidratá-los e fracioná-los, dando os seguintes produtos:

- 1.º Fração — águas ácidas e óleos leves com ponto de ebulição até 190°C.
- 2.º Fração — óleos de creosoto ou creosoto leve com pontos de ebulição de 190 a 240°C.
- 3.º Fração — creosotos pesados ou antioxidantes com pontos de ebulição de 240 a 300°C.

Resíduos — pitch

A 1.ª fração é composta de água, óleos leves e ácidos voláteis (ácido acético e seus homólogos). Não possui usos específicos, sendo em geral queimado.

A 2.ª fração possui densidade acima da água e consiste principalmente de fenóis, (acima de 45%), como os cresóis, xilenóis em mistura com fenol, pirocatecol, guaiacol, creosol e propilgualacol. Estes óleos de creosoto são usados na fabricação de fenol para plásticos, agentes de flotação, creosoto medicinal e para fabricação de creolina.

A 3.ª fração contém pirocatecol e éter de metilpirogalol e seus homólogos. Pode ser usado como antioxidante para impedir a oxidação de gasolinas craqueadas. O efeito estabilizante desses antioxidantes é devido à presença de éter de metil pirogalol e propil pirogalol.

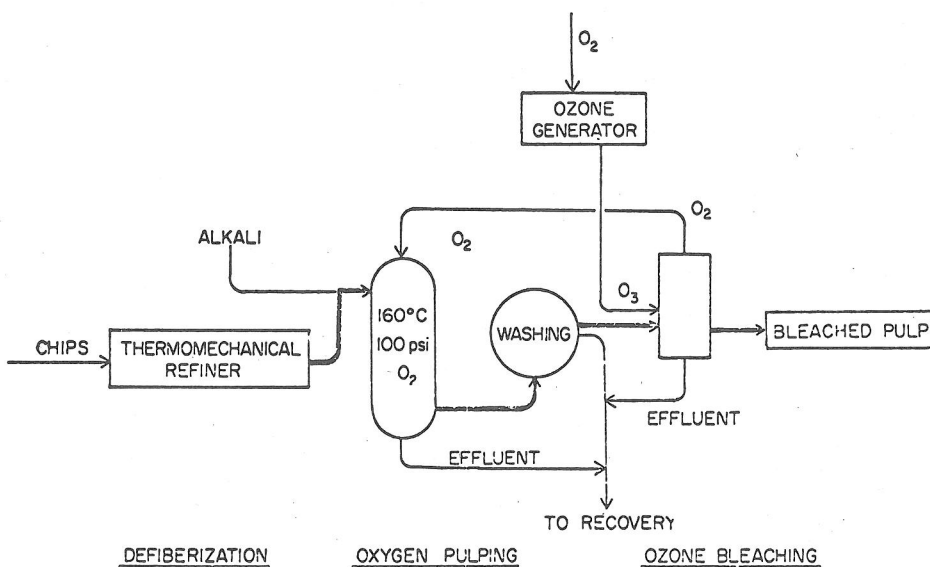
Podemos fazer uma estimativa da quantidade desses voláteis a serem obtidos no caso de se usar processos com recuperação de voláteis. Assim, a partir da tabela 4, que fornece a quantidade total de madeira seca a ser usada para fabricação de carvão vegetal no Brasil, e a partir de dados de rendimentos desses produtos (FAO), (12) podemos construir a tabela 10.

Rendimento dos Produtos (F.A.O.)

Base seca	%
— Metileno	2,0
— Ácido acético	5,6
— Alcatrão	10,0

Pela tabela 10, pode-se verificar que as estimativas de produção de ácido acético a partir de destilação seca de madeiras, é da ordem de grandeza de produção atual brasileira. O ácido acético atualmente fabricado no Brasil é a partir de aldeído acético ou de metanol, sendo produtos derivados de petróleo. A partir de 1983, quando serão usados os eucaliptos em grande escala para produção de carvão, a estimativa de produção de ácido acético crescerá bastante, sendo da ordem de 800.000 t/ano. Se a taxa média estimada de crescimento do consumo de ácido acético é da ordem de 15% a. a., por volta de 1983, as necessidades seriam da ordem de 254.000 t/ano. Comparando este dado com a produção estimada de ácido acético a partir da destilação seca, nota-se a grande diferença. A não ser que o mercado brasileiro consumidor de ácido acético cresça mais do que o esperado, nós teremos problemas de colocação dessa produção no mercado nacional. Resta verificar as possibilidades de colocação no mercado internacional.

QUADRO 3
FLOWSHEET FOR MANUFACTURE OF OZONE BLEACHED OXYGEN-ALKALI PULP FROM TMP



Flowsheet for Manufacture of Ozone Bleached Oxygen-Alkali Pulp from TMP
Ref.: Leopold, B. - 1977

QUADRO 4

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO SECA

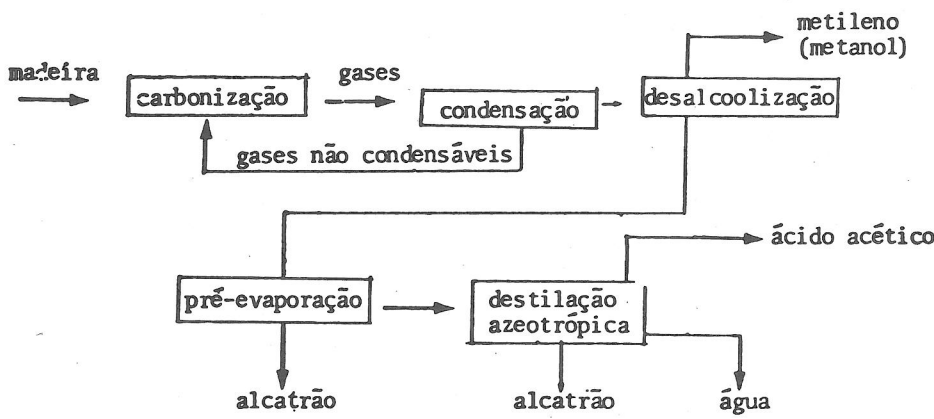


TABELA 10 — QUANTIFICAÇÃO DOS PRODUTOS CONDENSÁVEIS OBTIDOS EM PROCESSOS DE DESTILAÇÃO SECA

ANO	MADEIRA	ÁCIDO ACÉTICO		METANOL		ALCATRÕES
	Seca	Destilação	Produção	Destilação	Produção	
10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	10 ³ t	(*) 10 ³ t	10 ³ t
1976	780	47	66,2	15,6	91,7	78
1977	1.260	76	66,2	25,2	100,7	126
1978	1.470	88	126,2	29,4	10,7	147
1979	1.890	113	—	37,8	—	189
1980	2.460	148	—	49,2	—	246
1981	2.100	126	—	42	—	210
1982	2.520	151	—	50,4	—	252
1983	13.520	811	254 (*)	270	—	1352
1984	13.830	830	—	277	—	1383
1985	13.940	836	—	279	—	1394

(*) Estimada a taxa de crescimento de 15% ao ano
Ref.: CACEX, 1977 (36)

III.1.3. — Destilação de Goma Resina e Produção de "tall-oil" de *Pinus* resinosa.

A análise dos reflorestamentos no Brasil mostra que até 1980 deverá ser plantada, com *Pinus* spp, uma área de aproximadamente 1.000.000 ha. Essas áreas terão condições de fornecer resina a partir de 1977 em quantidade suficiente para produzir breu que cubra a demanda do mercado interno, e permita a exportação. Mesmo havendo um decréscimo na estimativa de produção de resina, consequência da diminuição das áreas plantadas, conforme tabela 11, não haverá dificuldades em cobrir o consumo interno. (23)

A qualidade de goma-resina dos *Pinus* spp é bastante boa e o breu e terebintina obtidos são, na maior parte dos casos, comerciáveis. Apenas a resina de *Pinus patula* não se mostrou muito promissora, pois embora produza um breu claro, este tem alto teor de insaponificáveis e, também, a terebintina obtida contém um teor anormalmente elevado de β -felandreno, o que pode comprometer a sua comercialização. A terebintina de *Pinus insularis* foi a que apresentou maior teor de α -pineno seguindo-se *P. oocarpa*, *P. caribaca* e *P. elliottii*. O breu produzido pelas diferentes espécies possui na sua

TABELA 11 — ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE RESINA BASEADA NOS REFLORESTAMENTOS EXISTENTES E PROJETADOS (1000 t)

ANO	PLANTIO															TOTAL	Breu (75%)	Terebintina (15%)
	RESINA	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980			
1977(a)	11,5															11,5	8,6	1,7
1978(a)	11,5	49,3														60,8	45,6	9,1
1979(a)	11,5	49,3	32,0													92,8	69,6	13,9
1980	13,7	49,3	32,0	67,4												160,8	120,6	24,1
1981		59,1	32,0	67,4	79,8											162,4	121,8	24,4
1982			38,3	67,4	79,8	80,6										266,1	199,6	39,9
1983	13,7			80,7	79,8	80,6	70,5									325,3	243,9	48,8
1984	13,7	59,1			95,7	80,6	70,5	81,4								401,0	300,7	60,1
1985	13,7	59,1	38,3			96,6	70,5	81,4	119,4							479,0	359,2	71,8
1986	13,7	59,1	38,3	80,7			84,6	81,4	119,4	49,4						526,6	394,9	79,0
1987	13,7	59,1	38,3	80,7	95,7			97,7	119,4	49,4	45,0					599,0	449,2	89,8
1988		59,1	38,3	80,7	95,7	96,6			143,2	49,4	45,0	40,8				648,8	486,6	97,3
1989			38,3	80,7	95,7	96,6	84,6			59,3	45,0	40,8	37,1			578,1	433,6	86,7
1990				80,7	95,7	96,6	84,6	97,7				54,0	40,8	37,1	37,1	624,3	468,2	93,6

(a) Para esses anos foram consideradas as seguintes condições: produção = 2,5 kg/árvore/ano; árvores resinadas por ha = 400; 80% dos plantios são de *Pinus* spp resinosa.

Para os demais anos foram consideradas as condições: produção = 3,0 kg/árvore/ano; árvores resinadas por ha = 400; 80% dos plantios são de *Pinus* spp resinosa.

Ref.: (23)

TABELA 12 — ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE "TALL-OIL"

ANO	CELULOSE DE FIBRA	CELULOSE DE FIBRA	TALL-OIL	TALL-OIL	ÁCIDOS	ÁCIDOS
	LONGA	LONGA DE <i>Pinus</i> spp	(t/dia)	(t/ano)	Resinosos	Graxos
	(t/dia)	(t/dia)	(t/dia)	(t/ano)	(t/ano)	(t/ano)
1975(a)	1.785	1.446	58	19.140	4594	12.441
1976	2.015	1.632	65	21.450	5148	13.943
1977	2.350	1.903	76	25.080	6019	16.021
1978	3.025	2.450	98	32.340	7761	21.021
1979	3.148	2.550	102	33.660	8078	21.879
1980	4.048	3.279	131	43.230	10375	28.100
1981	5.953	4.822	193	63.690	15286	41.399
1982	7.453	6.037	241	79.530	19087	51.695
1983	7.673	6.215	250	82.500	19800	53.625
1984	7.673	6.215	250	82.500	19800	53.625
1985	8.673	7.025	281	92.730	22255	60.275
1986	8.720	7.063	283	93.390	22413	60.704

(a) Capacidade nominal existente.

Ref.: Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose (1975) (3)

composição maior conteúdo de componentes do tipo abiótico o que é uma vantagem, pois facilita sua utilização na preparação de produtos de adição com anidrido maleico. (23)

A viabilidade econômica de destilação de goma-resina, depende fundamentalmente do preço desta. Seu preço na floresta é ainda muito alto, para que instalações de 54 t/dia possam pretender taxas de retorno muito superiores a 10% ao ano. Embora a mão de obra rural no Brasil seja razoavelmente barata, o alto custo de resina pode ser atribuído a dois fatores principais: a baixa produtividade dos operários que, em alguns casos, chega a ser de 2.000 árvores / operários / estação e a baixa produção das árvores, de 2,5 Kg/árvores/estação devido a pouca idade dos povoamentos.

A terebintina, até o momento, não tem encontrado um bom mercado. Deverá ser desenvolvido um mercado para esse produto e, também, intensificadas as pesquisas, visando obtenção de produtos comerciáveis.

A produção de "tall-oil" poderá chegar em 1986 a 93.390 t/ano dando uma produção, após refinação, de 56.000 t/ano de ácidos graxos (64,6%) e 23.347 t/ano de ácidos resinosos (24%). Esta produção não será suficiente para cobrir o consumo estimado de breu, 34.700

t/ano, e o "deficit" poderá ser coberto por breu de árvore viva. (tabela 12).

O "tall-oil" apresenta uma porcentagem bastante elevada de ácidos graxos, 67,6%, podendo tornar-se importante fonte dessa matéria-prima.

Nos Estados Unidos, 35% da produção total de ácidos graxos provém de "tall-oil". Os maiores usos para esses ácidos graxos são em revestimentos protetivos, intermediários químicos (em resinas poliamidas para tintas, adesivos e revestimentos), agentes de flotação, sabões e detergentes. (24)

Não existe, no momento, tecnologia nacional para refinação do "tall-oil" para separar os ácidos graxos dos ácidos resinosos, e esforços deverão ser feitos para desenvolvê-la.

Em resumo, a implantação da indústria de provisões navais apresenta pontos positivos e negativos. Alguns pontos positivos são: o rápido crescimento dos *Pinus spp*; a boa qualidade da resina produzida pela maioria dos *Pinus* e também, do "tall-oil"; o grande potencial de produção de resina e de "tall-oil"; a pequena influência que a resina-gem aparenta ter sobre a qualidade da polpa produzida e sobre o crescimento da árvore. Alguns pontos negativos são: o pequeno mer-

cado da terebintina; a Inexperiência do trabalhador rural brasileiro que leva a uma baixa produtividade e a um alto custo da resina na floresta, comprometendo a economia das instalações de destilação nos preços atuais do breu e da terebintina: a relutância das indústrias de celulose em utilizar *Pinus spp* e recuperar "tall-oil".

De um modo geral, no entanto, as perspectivas são boas desde que sejam sanados os pontos negativos, o que parece não apresentar grande dificuldade.

A produtividade de operários tende a aumentar naturalmente à medida que a resina-gem vai sendo desenvolvida. Poderá ser acelerado se forem organizados cursos rápidos de treinamento. A produção das árvores tende, também, a aumentar à medida que os povoamentos vão ficando mais velhos.

As indústrias de celulose tendem a aumentar a utilização de *Pinus spp* à medida que a *Araucaria angustifolia* vai se tornando mais escassa e seu preço proibitivo.

III.2. — Processos de 2.ª geração.

III.2.1. — Hidrólise com Conversão Múltipla.

Já existe tecnologia desenvolvida, em outros países, para conversão da madeira em açúcares e a partir daí, transformação em etanol por fermentação.

Durante a 2.ª Guerra Mundial, foi desenvolvido o processo German — Scholler, que utiliza ácido sulfúrico diluído para efetuar a hidrólise e pode produzir 190 l de etanol por tonelada seca de madeira. (8)

O processo Madison, desenvolvido pelo Forest Products Lab., (1944), dá uma produção de 247 l de etanol/ton. Mad. seca. Este rendimento em etanol representa 74% da conversão dos açúcares C₆ na madeira.

Por este processo, podem-se obter metanol e furfural, que são formados substancialmente no 1.º estágio da hidrólise ácida.

Os açúcares fermentáveis são transformados em etanol, por fermentação enzimática.

As pentoses que não são fermentáveis, podem ser concentradas até 65%, sendo então vendidas como alimento ou transformadas em furfural.

Basicamente, o processo de hidrólise de madeira é conduzido em reatores cilíndricos verticais e o aquecimento é feito com vapor livre até se atingir a temperatura desejada. Quando termina a hidrólise, os hidrolizantes são separados dos resíduos insolúveis (lignina). Os hidrolizados obtidos contêm as pentoses e hexoses.

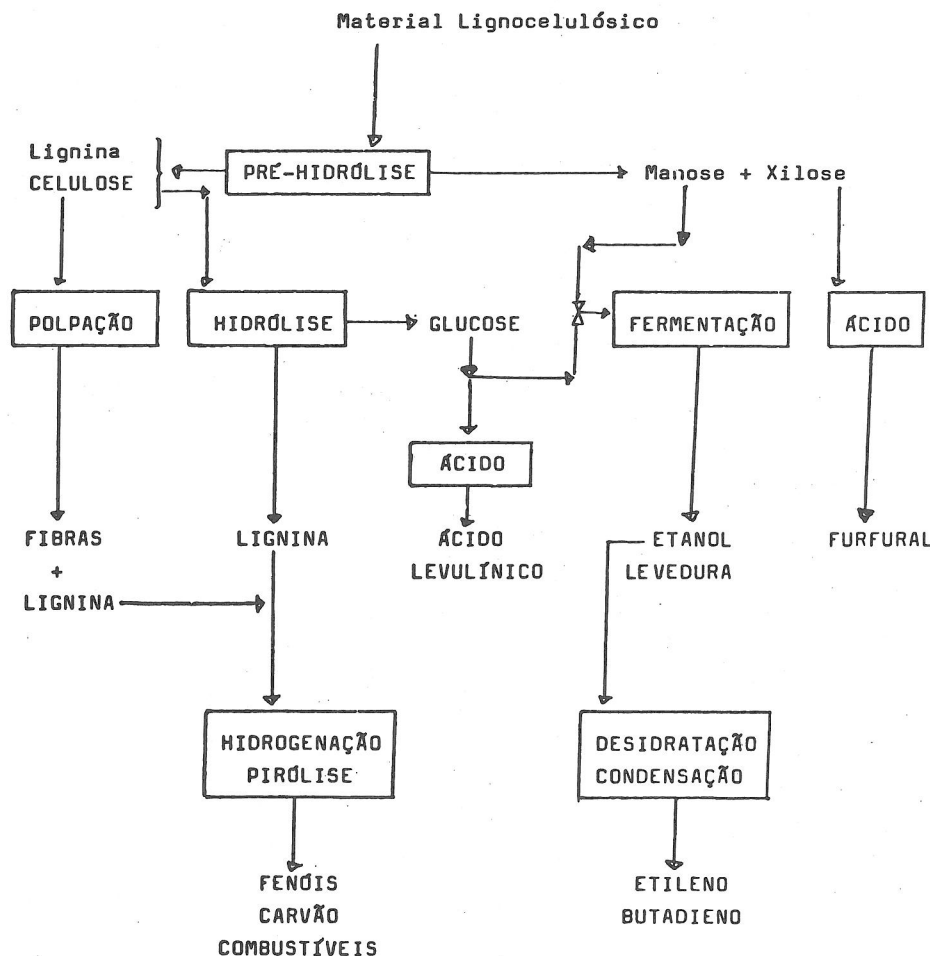
O quadro 5 dá uma idéia do processo de hidrólise ácida, com produção simultânea de furfural, fenol e etanol. (25)

Pesquisas realizadas nos Estados Unidos pelo Forest Products Laboratory, concluíram que para ser viável economicamente a hidrólise de madeiras para produção de etanol, devem ser produzidos simultaneamente furfural e fenol. A tecnologia para produção de etanol e furfural já se encontra desenvolvida em escala industrial; já a tecnologia de produção de fenol a partir de lignina encontra-se ainda em fase de desenvolvimento. (8)

A transformação das hexoses (Glucose, Manose e Galactose) em etanol é o processo que possui maior importância econômica. É basicamente um processo de fermentação, durante o qual são liberadas grandes quanti-

QUADRO 5

FLUXOGRAMA DA - CONVERSÃO QUÍMICA DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS



Ref.: Folkehag, I. - 1976

dades de CO₂, que poderão ser usadas para fabricação de CO₂ líquido ou gelo seco. Outros usos das hexoses seriam para produção de: frutose, sorbitol, hidroximetil, furfural, xilitol e ácido levulínico. Desses produtos, maior importância se dá ao sorbitol e ao xilitol que constituem matéria-prima para a indústria farmacêutica e para produção de resinas alquídicas. (13)

As pentoses (xiloses) não podem ser usadas para fermentação alcoólica. São inteiramente atóxicas, podendo ser usadas para alimentação da mesma forma que as sucroses. Pode-se também fabricar xilitol a partir das xiloses, por processos de hidrogenação a alta pressão, que possui amplos usos para fabricação de resinas. O furfural é obtido por meio de desidratação das pentoses e já existem unidades de produção industrial a partir de matérias lignocelulósicas. O furfural possui amplo uso como óleo lubrificante, matéria-prima para resinas sintéticas, álcool furfúrico e outros. Uma utilização industrial bastante promissora é para a produção de lisina, que possui largos usos alimentares dietéticos.

Quanto à lignina, sub-produto do processo de hidrólise, durante muitos anos, não se encontrou nenhum uso viável para a mesma. Durante os últimos tempos, muitas investigações têm sido feitas, concluindo que a lignina pode ser fonte de valiosos produtos bastando para isto desenvolver tecnologia. Muito já está sendo feito nos Estados Unidos, dentro de programas de pesquisas.

A lignina pode ser carbonizada e ativada, dando carvão ativo, que possui vários usos na indústria como agente descorante, para purificação e tratamento de águas, etc. A decomposição térmica da lignina sem ativação, pode fornecer carvão e alguns destilados como alcatrões, ácido acético e metanol. Muitos investigadores consideram inviável eco-

nomicamente o processamento da lignina por decomposição térmica, pois as condições de decomposição devem ser bastante drásticas.

No entanto, existem outras transformações da lignina que começam a adquirir importância para a fabricação de fenóis, baseadas na hidrogenação catalítica seguida de uma dealquilação (quadro 6). (25)

Na tabela abaixo são mostrados alguns produtos de hidrogenação de lignina.

Produto	Porcentagem
Água	14 %
Metanol	8 %
Compostos não fenólicos	13,5%
Ácidos voláteis (tipo fenílico) ..	8 %
Hidrocarbonetos insaturados e aromáticos	21,8%
Hidrocarbonetos saturados	2,0%
Óleos pesados não voláteis	28,0%
Total	95,3%

A hidrogenação catalítica de lignina residual do processo Scholler produz:

Óleo líquido	40%
Alcatrão	15%
Resíduo sólido	30%
Água e gás	15%

Os mais importantes produtos de hidrogenação são os alquilfenóis para substituir, particularmente p-cresol. Este composto é usado para produção de polímeros, poliâmidos, poliésteres e anidridos de poliácidos.

Uma das grandes vantagens do processo de hidrólise é a de não ser preciso o uso de madeiras homogêneas, podendo ser utilizados resíduos, que possuem pequeno valor comercial. Assim, para uma unidade que utilizasse resíduos de madeira dura com capacidade de consumir 1.500 t/dia de material seco, seriam obtidos os seguintes produtos:

— etanol	95 milhões l/ano
— furfural	30 milhões Kg/ano
— fenol	35 milhões Kg/ano

No caso de serem usadas madeiras resinosas, há um decréscimo na quantidade de furfural pois o teor de hemicelulose é mais baixo. Assim, para a mesma capacidade anterior, teremos:

— etanol	95 milhões l/ano
— furfural	10 milhões Kg/ano
— fenol	42 milhões Kg/ano

Foram realizados alguns estudos de pré-viabilidade nos Estados Unidos, a fim de estimar os investimentos em unidades de hidrólise com conversão múltipla. Assim, para a capacidade acima mencionada, achouse:

Madeiras duras
— Investimento estimado US\$ 90.000.000,00

Madeiras resinosas
— Investimento estimado US\$ 87.000.000,00.

Nos Estados Unidos, onde foram realizados tais estudos, chegou-se à conclusão que o empreendimento é viável economicamente. (8)

Considerando que no Brasil os preços de madeiras bem como resíduos são bem inferiores aos preços dos Estados Unidos, é de se supor que a viabilidade econômica desses empreendimentos será facilmente atingida aqui. Apenas não se deve esquecer que, aqui no Brasil, os investimentos de capital costumam ser maiores. No entanto, isto deverá ser verificado.

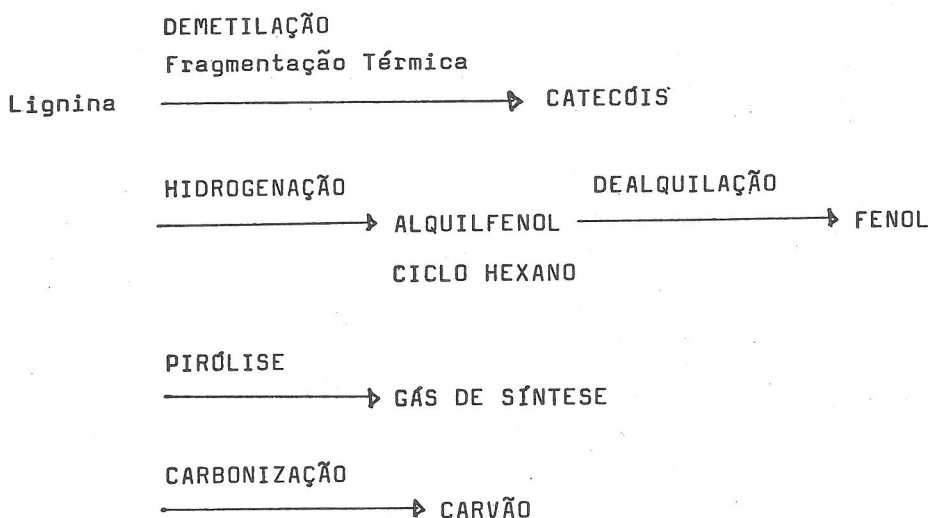
Com base nos dados norte-americanos para os rendimentos dos produtos etanol, furfural e fenol, podemos avaliar, a título de exemplo, qual o potencial existente nos resíduos florestais, provenientes da indústria de carvoejamento e celulose, para fabricação desses produtos.

Comparando-se os dados obtidos, (tabela 13) é de se notar que a produção de etanol corresponde aproximadamente a 10% da produção nacional projetada para 1978.

A produção estimada de furfural a partir dos resíduos é bastante elevada quando comparada com a produção nacional, sendo aproximadamente 27 vezes mais alta, considerando o ano de 1978. Isto possivelmente traria dificuldades de colocação no mercado. No entanto, pode ser mais econômico converter as pentoses, por hidrogenação, em polióis. Outra alternativa é converter tais açúcares em proteínas para alimentação animal ou humana, por fermentação.

A produção de fenol é bastante significativa, aproximadamente duas vezes a demanda nacional. Como tal produto é basicamente fabricado a partir de hidrocarbonetos aromáticos derivados do petróleo, é de se esperar um aumento crescente nos seus preços, bem como uma maior dificuldade em adquiri-los. Como se trata de um grande intermediário da indústria química, deve-se dar uma atenção especial no sentido de obter fenóis a partir de materiais lignocelulósicos. Como já foi dito, as pesquisas estão em desenvolvimento, em outros países, já se tendo conseguido a viabilidade técnica do processo, mas faltando ainda muitos dados básicos de engenharia, que poderão garantir a viabilidade econômica do mesmo (Quadro 6). (8)

QUADRO 6 - FRAGMENTAÇÃO DA LIGNINA



Ref.: Folkehag, I. - 1976

TABELA 13 — ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE ETANOL, FURFURAL E FENOL A PARTIR DE RESÍDUOS FLORESTAIS

ANO	Resíduos Mad. Duras (carvoejamento + celulose) t x 10 ⁶	Resíduos Mad. Resinosas (celulose) t x 10 ⁶	ETANOL		FURFURAL		FENOL		
			Produção c/Resíduos	Produção Nacional Projetada	Produção c/Resíduos	Produção Nacional	Produção c/Resíduos	Produção Nacional	Demanda Projetada
			m ³ 10 ⁶	m ³ 10 ⁶	t x 10 ³	t x 10 ³	t x 10 ³	t x 10 ³	t x 10 ³
1978	1,25	0,24	0,28	2	80	3	110	65	68
1979	1,49	0,24	0,33	—	94	3	124	65	73
1980	1,87	0,36	0,42	7,6	119	3	162	65	80
1981	1,83	0,44	0,43	—	119	.	165	65	86
1982	1,93	0,47	0,46	—	125	.	175	65	93
1983	4,57	0,58	0,98	—	286	.	369	.	101
1984	4,74	0,58	1,01	—	296	.	381	.	.
1985	4,91	0,58	1,04	—	307	.	393	.	.

Ref.: Raphael Katsen Associates — 1975 (8)
 — Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose (3)
 — Silvicultura — Maio/Junho — 1976 (14)
 — I.B.P. (38)

III.2.2. — Gaseificação de Madeira para Metanol e Amônia.

Já foram abordados anteriormente os processos de gaseificação de madeira. Esses processos apresentam também a possibilidade de gerar gás de síntese para produção de metanol. O metileno obtido na destilação seca contém 80% de metanol e deve ser retificado por destilação para dar metanol de alta pureza. O metanol obtido através de gás de síntese, no entanto, é produzido em alto grau de pureza.

São inúmeras as aplicações do metanol como intermediário químico como, por exemplo, para produção de formaldeído, solventes, dimetil tereftalato, plásticos etc. Em vários países está sendo estudada também a possibilidade de vir a ser misturado com a gasolina em proporções da ordem de 15% de metanol.

Dentre os processos citados na tabela 7 aqueles que têm sido considerados mais promissores são: Purox, Moore-Canadá e Lacotte com queima de oxigênio. (16,17)

Nos processos Purox e Lacotte para gaseificação, a madeira é gaseificada em presença de oxigênio, e oxigênio mais vapor de água, respectivamente dando um gás com baixo teor de nitrogênio. A planta de gaseificação deve incluir, no entanto, uma central para gerar oxigênio puro.

No processo Moore-Canadá é utilizado ar para gaseificação e o gás na saída do forno sai diluído com nitrogênio. Se for usado para preparação de gás de síntese para metanol esse nitrogênio deverá ser removido através de uma unidade criogênica.

O gás de síntese é atualmente preparado a partir de: gás natural, gaseificação de carvão mineral, craqueamento de nafta, todos combustíveis fósseis.

No Brasil o processo mais empregado é o craqueamento de nafta.

Na tabela 14, tem-se a composição média dos gases obtidos nos diferentes fornos.

Estudos realizados nos Estados Unidos e Canadá mostraram que a viabilidade econômica do processo é extremamente dependente do preço da madeira.

No Brasil, no entanto, a situação poderá ser bastante modificada tendo em vista a maior produtividade das nossas florestas, a inexistência de gás natural e carvão mineral em condições de produção de gás de síntese; por outro lado, o capital de investimento aqui é normalmente maior.

TABELA 14 — COMPARAÇÃO ENTRE AS COMPOSIÇÕES DE SAÍDA DE GASES DE VÁRIOS TIPOS DE FORNO

Componentes	Purox (O ₂) (% v)	Moore Canadá (ar) (% v)	Lacotte (O ₂ +H ₂ O) (% v)	Lacotte (ar) (% v)
CO ₂	23	9,2	30	17
CO	40	22,8	22	13
H ₂	26	18,3	45	20
CH ₄	5	2,5	1	2
N ₂	0,5	45,8	2	48
Cn Hm	5,0	0,9	—	—
O ₂	0,5	0,5	—	—

Ref.: — Raphael Katsen Associates — 1975 (8)
 — Intergroup Consulting Econ. Ltd. — 1976 (17)

TABELA 15 — ESTIMATIVA DE CUSTO DE PRODUÇÃO DE METANOL

Processo	Base Cálculo	Capacidade	CUSTO METANOL CR\$/L	
			Madeira Cr\$ 460,00/t.s.	Madeira Cr\$ 360,00/t.s.
Purox	Rel. Canadense	380x10 ³ m ³	3,00	2,81
Lacotte	Rel. Canadense	380x10 ³ m ³	2,35	2,20
Moore Canadá	Rel. Americano	190x10 ³ m ³	3,52	3,28

— Preço metanol industrial (Brasil) Cr\$ 4.000,00/t ≅ Cr\$ 3,20/l
 — Preço venda metanol nos EEUU (1975) = US\$ 0,38/gal ≅ Cr\$ 1,50/l
 — Preço de venda metanol FOB Toronto (1976) = US\$ 0,65/gal ≅ Cr\$ 2,60/l
 — Custo de produção do metanol a partir do carvão EEUU (1975) ≅ US\$ 0,92/gal ≅ Cr\$ 3,67/l (preço do carvão US\$ 30/t.)
 — Custo de produção do metanol a partir do gás natural EEUU (1975) ≅ US\$ 0,41/gal ≅ Cr\$ 1,61/l (gás US\$ 1,50/1000 cuft)
 — Custo de produção do metanol a partir de madeira EEUU (1975) ≅ US\$ 0,980/gal = Cr\$ 3,80/l (preço da madeira US\$ 34/ODT)

Ref.: — Raphael Katsen Associates — 1975 (8)
 — Intergroup Consulting Economists Ltd. — 1976 (17)

Tomando por base os valores do capital de investimento e custos operacionais utilizados nos relatórios canadense e americanos, foi estimado o custo de metanol a preços de madeira de Cr\$ 460,00/t. seca e Cr\$

360,00/t. seca, apenas para avaliar a viabilidade do processo no país. Na tabela 15, tem-se os valores encontrados. Baseados nos rendimentos de metanol e, supondo que a produtividade da floresta seja de 144 m³/ha., (2)

Uma estimativa da área do potencial brasileiro atual está no quadro 8. Nesse quadro verifica-se que o Brasil conta até 1976 com cerca de 2,5 milhões de hectares de florestas plantadas, o que equivale a cerca de 0,3% do território nacional. Ao longo de um período de 9 anos, isto é equivalente a uma taxa de crescimento de 60% ao ano.

IV.2. — Demandas futuras.

IV.2.1. — Dentro das Atuais Utilizações.

O II Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico define como meta a auto-suficiência brasileira em diversos setores, através da preservação de sua capacidade de desenvol-

vimento e exploração de novos caminhos e alternativas. Ao II PND foram incorporados o Programa Nacional de Papel e Celulose e o Programa Especial de Exportação de Celulose.

As metas de produção de Celulose e Pasta Mecânica são de 4,85 milhões de toneladas para 1980, sendo 2 milhões para exportação e o restante para consumo interno. Para 1985, 8,70 milhões de toneladas, sendo 5 milhões para exportação e o restante, para consumo interno. (27)

Para que tais metas sejam atingidas, há necessidade de ampliação da capacidade de produção do setor e para isto já existem projetos aprovados e intenções de investimentos. Contudo, a necessidade maior se faz ver no setor de matéria-prima vegetal ou seja, de acordo com as estimativas apresentadas no PNPC e pela APFPC, em 1980 serão necessários cerca de 31,7 milhões de m³ esteres de madeira enquanto que em 1985 este total deverá ser de aproximadamente 63,3 milhões. (3,27)

Da mesma maneira, o Plano Siderúrgico Nacional a Carvão Vegetal prevê para 1980, a produção e consumo de 24,8 milhões de metros de carvão para produzir cerca de 7 milhões de toneladas de gusa e para 1985, 26,8 milhões de m.d.c. para 7,7 milhões de toneladas de gusa. (28,29,30)

O volume de madeira necessário para a produção de carvão está estimado em 43,3 milhões de m³ de madeira roliça em 1980 e 46,9 milhões em 1985.

Complementando, o Programa Habitacional do Banco Nacional da Habitação para o Brasil e o Programa de Habitação do Estado de São Paulo prevêem até 1980 a construção de pelo menos 720 mil moradias populares. (31)

Este montante representa cerca de 3,2 milhões de m³ de madeira serrada considerando-se 4,5 m³ por habitação, ou 6,5 milhões de m³ de madeira roliça que deverão ser utilizados.

Sumarizando, as necessidades futuras de madeira roliça aumentam, visando atender as metas estabelecidas pelos Programas Governamentais propostos.

Estima-se que em 1980 a necessidade de madeira roliça alcance 76,2 milhões de m³ e

TABELA 16 — ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE METANOL EM L/HA E DA ÁREA NECESSÁRIA PARA ATENDER A PRODUÇÃO BRASILEIRA (1977)

Processo	Madeira : Metanol t/l	Metanol l/ha	Area ha
Purox	1,9 : 10 ³	23 x 10 ³	7.240
Lacotte	2,0 : 10 ³	22 x 10 ³	7.560
Moore Canadá	2,7 : 10 ³	16 x 10 ³	10.400

Produtividade = 144 m³ st/ha m. roliça.
304 kg/m³st

Ref.: — Raphael Katsen Associates — 1975 (2)

— Intergroup Consulting Economists Ltd. — 1976 (12)

Prodepef, 1976 (28)

TABELA 17 — NECESSIDADE DE MADEIRA ROLIÇA PARA ATENDER AS METAS DO PROGRAMA NACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, PLANO SIDERÚRGICO NACIONAL A CARVÃO VEGETAL, PROGRAMA NACIONAL DE HABITAÇÃO — BRASIL — 1976 — 1985

Ano	Madeira Roliça (1.000 m ³ tr)			Total
	P.N.C.P.	P.S.N.C.V.	P.N.H.	
1976	14.112	30.105	2.331	46.548
1977	16.419	33.306	1.682	51.407
1978	22.487	36.505	1.674	60.666
1979	27.398	39.715	1.954	69.067
1980	31.682	43.350	1.170 +	76.202 +
1981	36.983	43.447	..	80.430 +
1982	42.938	44.471	..	87.409 +
1983	49.357	45.503	..	94.860 +
1984	55.709	46.536	..	102.245 +
1985	63.258	46.900	..	110.158 +

.. Estimativa não disponível.

+ Necessidade do P.N.H. a ser somada.

Fontes: (27,30,31)

TABELA 18 — ESTIMATIVA DA ÁREA DE FLORESTAS PLANTADAS NECESSÁRIA PARA COBRIR AS METAS PNCP, PSNCV E PNH; CONSUMO DE LENHA E CONSUMO BRASILEIRO DE PETRÓLEO A PARTIR DE 1978

ANO	P.N.C.P., P.S.N.C.V., P.N.H.			Area equivalente para cobrir con- sumo de petróleo ha x 10 ⁶	Area para lenha ha x 10 ⁶	Total	% Area do país	% Area do país sem a área para lenha
	Madeira roliça 1000 m ³ str	Madeira seca t x 10 ⁶	ha. 10 ⁶					
1978	60.666	18,44	0,37	2,39	1,87	4,63	0,54	0,32
1979	69.067	21,00	0,42	2,72	1,82	4,96	0,58	0,37
1980	76.202	23,16	0,46	2,89	1,78	5,13	0,60	0,39
1981	80.430	24,50	0,49	2,97	1,70	5,16	0,61	0,41
1982	87.409	26,57	0,53	3,09	1,65	5,27	0,62	0,43
1983	94.860	28,84	0,57	3,22	1,64	5,43	0,64	0,45
1984	12.245	31,10	0,49	3,59	1,63	5,71	0,67	0,48
1985	110.158	33,50	0,67	3,86	1,63	6,16	0,72	0,53

Fontes: — 1 m³st = 0,304 t seca

— 144 m³st/ha.

— 1 t lenha = 0,37 t óleo cru

Ref.: — P.N.C.P., P.S.N.C.V., P.N.H. e Balanço Energético Brasileiro para 1977 (MME)

em 1985, 110 milhões de m³; estimativas mais detalhadas podem ser vistas na tabela 17.

IV.2.2. — Para atender a novas utilizações.

A projeção do consumo de energia em EOC pode ser vista no quadro 9.

Com base nas estimativas da necessidade de madeira para indústrias de Celulose e Papel e de carvão vegetal, pode-se estimar a área que deverá ser formada e também aquela adicional para substituição da demanda prevista de petróleo; são valores aproximados supondo rendimento de 50 ton de madeira seca por ha.

Na tabela 18 tem-se essa estimativa aproximada do quanto representa em porcentagem da área do país.

Esse valor corresponderá em 1985 a apenas 0,5% do território nacional, sem se considerar a área para lenha.

O PNCP (27) tem como meta para 1990 a

produção de 10 milhões de toneladas de celulose. Isto corresponde a 660 milhões de m³ st ou aproximadamente 200 milhões de ton. madeira seca. Isso representa uma área imobilizada em 1982 (supondo corte ao fim de 8 anos) de 4 milhões de ha. Dessa forma a área imobilizada corresponderá a cerca de 1% da área do território nacional. Isso vem de encontro às afirmações de que o reflorestamento de 0,93% do território nacional com uma espécie vegetal com rendimento em biomassa de 100 t/ha. produziria um equivalente energético da ordem do potencial do Irã, um dos maiores produtores petrolíferos do mundo.

V. A EXPLORAÇÃO FLORESTAL MECANIZADA

Em todos os processos que utilizam madeira como matéria-prima o preço desta é fator dominante na sua viabilidade econômi-

ca. Esse preço, por sua vez, depende em grande parte dos custos da exploração florestal e do transporte.

O primeiro deles pode ser sensivelmente diminuído dentro do conceito de exploração florestal mecanizada e no exterior estão sendo realizados muitos estudos nesse particular. Nos Estados Unidos, cerca de 30% dos recursos destinados em 1977 à pesquisa sobre energia e produtos químicos da biomassa estão destinados à melhoria dos métodos de exploração florestal, o que representa um valor da ordem de 4,2 milhões de dólares.

Até o presente, a exploração de florestas plantadas e o transporte da madeira, fases de ligação entre a floresta e o processamento industrial, têm sido ignoradas ou simplesmente deixadas em segundo plano para se desenvolverem vagarosamente através de uma mecanização limitada dos métodos tradicionais de exploração florestal.

Se o setor florestal brasileiro pretende produzir e industrializar o volume de madeira necessário para atender a demanda da própria e aquela referente aos Programas Governamentais, este é o momento para se considerar a necessidade de melhoria dos métodos de exploração, visando o suprimento de matéria-prima às indústrias nas quantidades necessárias e ao mínimo custo possível.

Na exploração de florestas plantadas, o Brasil tem encontrado os mesmos problemas que afetaram outros países na Europa e América: o deslocamento eficiente de um grande número de árvores de pequenas dimensões, o desenvolvimento de sistemas de transportes, a migração da pouca mão de obra rural etc. Estes problemas existem pelas seguintes razões, entre outras:

- 1.º — tanto as folhosas quanto as coníferas usadas para reflorestamento no Brasil, são essências para as quais rotações curtas, de 5 a 8 anos, são planejadas;
- 2.º — as plantações estão sendo estabelecidas em áreas que contam com pequena população que possa se dedicar à atividade florestal.

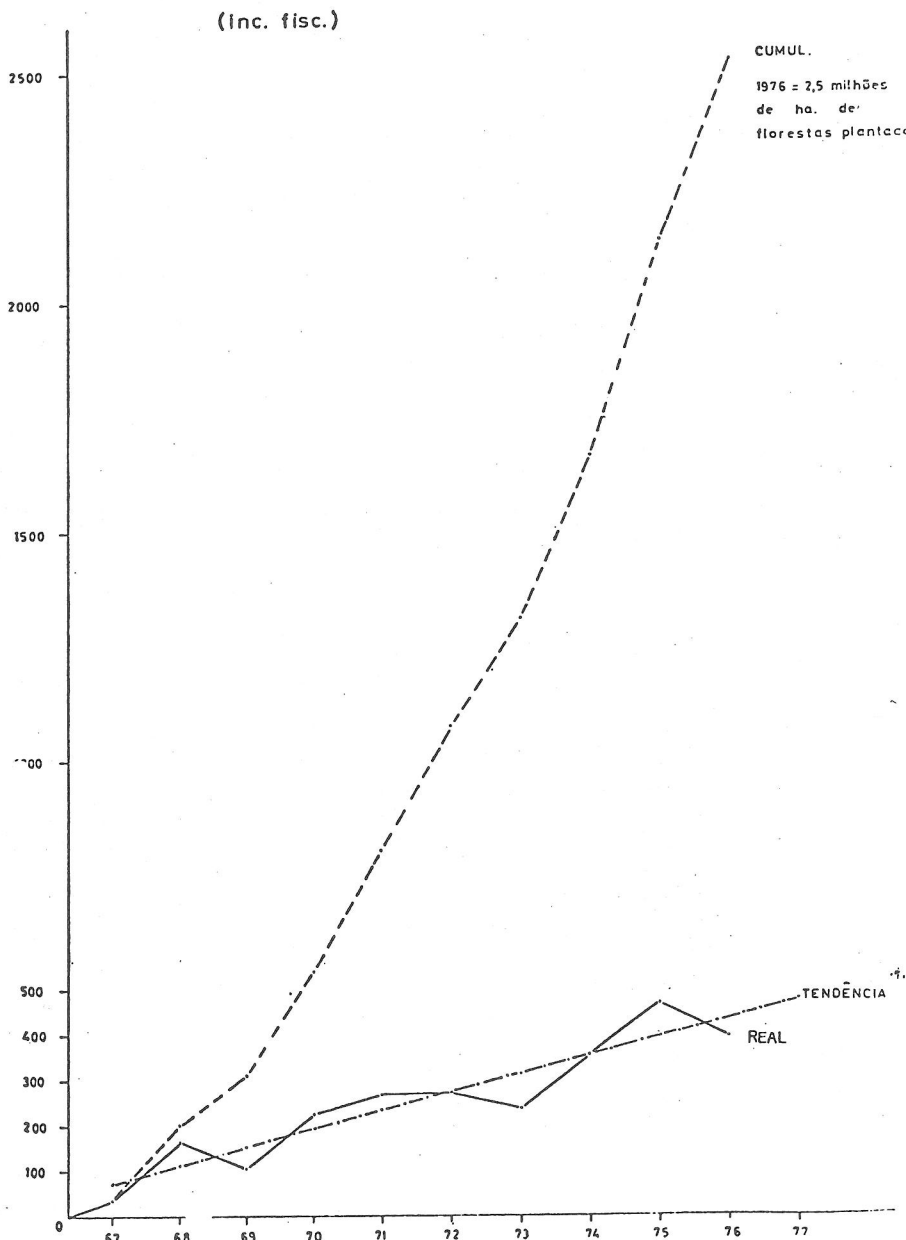
A mecanização das operações de exploração florestal parece ser a solução para os problemas verificados: garante um suprimento de matéria-prima mais constante durante períodos mais longos por ano; proporciona rendimentos maiores em relação aos métodos tradicionais, reduzindo assim, o custo unitário final; substitui a mão de obra não disponível e fixa à zona rural a força de trabalho existente, dando-lhe estabilidade, enriquecendo as tarefas e causando maior satisfação profissional.

É óbvio que a mecanização da exploração florestal requer um investimento inicial maior, mas uma colaboração entre os fabricantes de equipamento e seus usuários, além de estabelecer a existência do mercado potencial, traria bases para, através de um organismo técnico, determinar os requisitos e necessidades para o equipamento, favorecendo seu dimensionamento e possivelmente reduzindo custos.

Contudo, para que as florestas plantadas brasileiras alcancem a produtividade esperada, torna-se necessário que elas sejam encaradas como uma indústria cujo produto final é a biomassa florestal, num processo contínuo de produção.

Como tal indústria, a floresta requer um planejamento correto, imprescindível desde sua implantação até a exploração mecaniza-

1000 ha Q U A D R O 8
REFLORESTAMENTO NO BRASIL



da, passando por todas as fases de seu gerenciamento.

VI. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Em suma, as possibilidades de utilização das florestas plantadas como fonte de energia e de produtos químicos são bastante amplas.

Uma área explorável correspondente a cerca de 1% do território nacional em 1990 será suficiente para cobrir as necessidades previstas do P.N.C.P., P.S.N.C.V, P.N.H. e o equivalente ao consumo estimado de petróleo. Incluindo-se a lenha essa porcentagem deverá chegar a 1,5% da área do país.

Isso significa uma área imobilizada de aproximadamente 7 a 10% do território para espécies com rotação de 7 a 10 anos respectivamente. Se for utilizada uma rotação de 5 anos, casos em que isso for viável, a área imobilizada será proporcionalmente menor. Um aumento na produtividade da floresta além

da maior produção em t/ha, contribuirá para diminuir a área imobilizada e terá como consequência uma menor competição pela terra.

Por outro lado, em todos os processos descritos, sejam eles atualmente utilizados ou não, um dos fatores de maior peso na viabilidade econômica é o preço da madeira e este depende basicamente da produtividade da floresta, dos custos de exploração e dos custos de transporte. Assim, como já dissemos, as florestas plantadas devem ser encaradas como indústria e como tal deverão ser corretamente planejadas desde a implantação até a exploração mecanizada; trata-se realmente de introduzir e incrementar o CONCEITO DA FLORESTA INDUSTRIAL.

No que concerne aos processos de obtenção de energia e matérias-primas das florestas plantadas, muito há para ser feito e desenvolvido. Entre as sugestões para pesquisa e desenvolvimento que podem ser feitas dentro de cada processo descrito no presente trabalho destacam-se:

- Em processos de conversão direta, aprimoramento dos processos de combustão de madeira atualmente utilizados e desenvolvimento de modernas técnicas; avaliação e quantificação real dos resíduos nas florestas e gerados nas indústrias, verificando a viabilidade de sua utilização face aos prós e contras apontados; avaliação do potencial da floresta plantada para gerar energia levando-se em conta as possíveis vantagens aqui existentes, as condições locais em relação às demais fontes energéticas, problemas de empobrecimento do solo etc.

- Em processos de destilação e carvoejamento: melhoria do balanço energético utilizando gases não condensáveis e alcatrões para suprir a demanda energética da fase endotérmica do processo aumentando o rendimento lenha-carvão: avaliação da viabilidade econômica de recuperação de voláteis com base nos preços internacionais e possibilidades de colocação dos subprodutos no mercado interno e externo; avaliação das possibilidades de aumentar a rotatividade da floresta sem prejuízo dos produtos; desenvolvimento de pesquisas básicas sobre processos de decomposição térmica de madeiras, tanto na sua fase endotérmica quanto na exotérmica visando controlar os processos e produtos obtidos, por exemplo: aumentando o teor de fenóis; desenvolvimento da tecnologia de aproveitar os finos de carvão vegetal nas suas diferentes alternativas.

- Em processos hidrolíticos, adaptação da tecnologia existente em outros países às nossas condições e matérias-primas; desenvolvimento de técnicas para utilização da lignina residual; desenvolvimento de novas utilizações para o furfural.

- Em processos de gaseificação: desenvolvimento de processos de gaseificação visando produção de gás para síntese de metanol e amônia ou gás combustível para turbinas, motores diesel e redutor direto em processos siderúrgicos, a partir de diferentes tipos de matérias-primas provenientes das florestas.

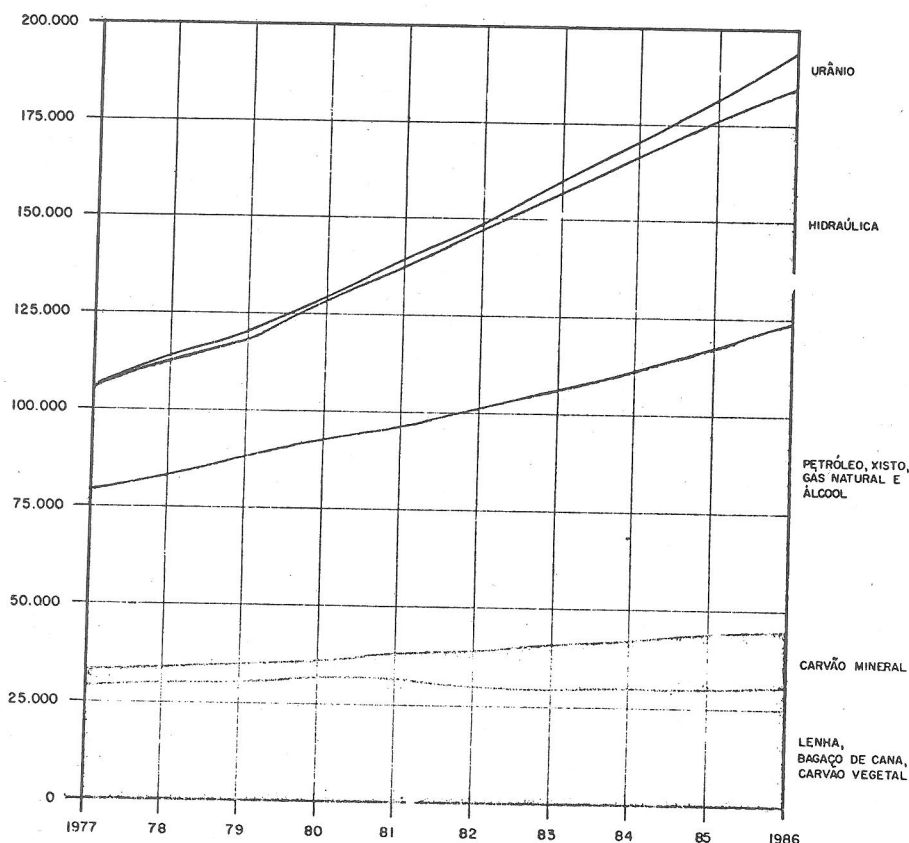
- Em processos de liquefação de madeira: pesquisas básicas e desenvolvimento desses processos visando conhecer o comportamento da madeira em reações heterogêneas bem como a tecnologia dos processos de alta pressão e alta temperatura.

- Em processos de obtenção de pastas celulósicas entre outros: melhoria dos processos atualmente existentes e possibilidades de uma utilização integral da floresta dentro dos dois conceitos apontados; desenvolvimento de processos de alto rendimento visando sua aplicação às espécies aqui aclimatadas; desenvolvimento de novos processos de deslignificação.

- Em processos de resinagem e recuperação de "tall-oil": melhoria da produtividade dos operários na extração da resina através de treinamento; desenvolvimento de processos para produção de derivados de breu e terebintina; adaptação e desenvolvimento da tecnologia de refinação de "tall-oil". O exposto e as sugestões aqui apontadas dão uma idéia da quantidade de desafios a serem enfrentados, os quais uma vez superados permitirão utilizar a floresta plantada como fonte de energia e matérias-primas para indústria química e outras, racionalmente e em toda a sua plenitude.

QUADRO 9

EM 1.000 TEP



FONTE: Balanço Energético Nacional
Ministério das Minas e Energia - 1977

Os benefícios sociais são inegáveis pois apenas o PNCP prevê a criação de 200.000 novos empregos, dos quais 150.000 são na área florestal e 50.000 na área industrial. Esse número deverá aumentar significativamente se as florestas plantadas passarem a ter uma maior participação na economia do país.

Gostaríamos aqui de finalizar lembrando

que aparentemente o mundo não está atravessando uma crise de energia e de matérias-primas pois estas existem de várias formas, porém, está atravessando uma crise de "saber como" aproveitá-las, sem prejuízo da situação existente e sem comprometer o futuro da humanidade; trata-se realmente de uma crise tecnológica que deverá ser corajosamente enfrentada e de imediato.

X. TABELA DE FATORES E UNIDADES DE CONVERSÃO

1. Madeira

Incremento médio anual na floresta	=	18 m ³ sem casca/ha/ano (2)
1 m ³ st de madeira roliça	=	0,304 t seca.
Produtividade média	=	144 m ³ st/ha. (2)
Equivalente energético em óleo cru	=	0,37 t óleo cru/t lenha seca
Poder calorífico superior (12,13,15)		
— madeira seca	=	4.000 — 5000 Kcal/kg.
— madeira úmida (20% umidade)	=	3.000 Kcal/kg.
Eficiência conversão térmica	=	0,8

2. Pasta

1 ton. pasta seca	=	6,61 m ³ madeira roliça
-------------------	---	------------------------------------

3. Carvão, destilados

Rendimentos lenha — carvão (Base Seca) (12)		
— sem recuperação	=	27%
— com recuperação	=	38%
1 MDC	=	1,75 m ³ madeira roliça (st)
Porcentagem de finos	=	20 a 30% (34)
Poder calorífico superior do carvão	=	7.000 Kcal (12) Kg
Poder calorífico superior dos alcatrões desidratados	=	6.500 Kcal (15) Kg
Poder calorífico dos gases não condensáveis	=	1.700 Kcal (15) m ³ N
Equivalente energético em óleo cru dos alcatrões	=	0,60
Equivalente energético em óleo cru dos gases não condensáveis	=	0,12

4. Resíduos

Porcentagem de resíduos gerados (em peso), em relação ao tronco descascado.								
— para carvoejamento (pontas e galhos)	0,14 — 0,24%							
— para celulose	<table> <tr> <td>Casca (Pinus spp)</td> <td>=</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>Picador (finos)</td> <td>=</td> <td>12,5%</td> </tr> </table>	Casca (Pinus spp)	=	5 %	Picador (finos)	=	12,5%	
Casca (Pinus spp)		=	5 %					
Picador (finos)	=	12,5%						
Equivalente em óleo cru dos resíduos	=	0,37						
Conversão para Kwh (Forno Lacotte)	=	1 Kwh 1,2 Kg madeira seca						

5. Resinas

Produtividade média	=	2,5 — 3,0 Kg/árvore/ano
Teor de terebintina	=	75%
Teor de breu	=	15%

6. Tall-oil

Porcentagem obtida.	=	45 Kg tall-oil ton pasta
Teor de ácidos resinosos	=	24%
Teor de ácidos graxos	=	67,6%

7. Hidrólise ácida

Rendimento em etanol	=	190-247 l/etanol ton mad. seca
----------------------	---	-----------------------------------

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mello, H. A. — Florestas Naturais e Implantadas — uma discussão irrelevante. *Silvicultura*, Ano 1, nº 2. Julho Agosto, 1976.
- Potma, H. L. et all, PRODEPEF — Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal — Uma análise Estatística da atual situação Florestal Brasileira — PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, Série Técnica nº 9, Ministério da Agricultura, Brasília, 1976.
- APFPC — Anuário Estatístico dos Fabricantes de Papel e Celulose, São Paulo, 1977.
- Silvicultura*, Ano 1. 64 p. março-abril, 1977.

- Feasibility Study — Forest Industry Energy Program, November, 1975.
- Grantham, J. B. et all — Energy and raw material potentials of wood residue in the Pacific Coast States, USDA Forest Service General Technical Report PNW-18. 37 p. 1974.
- Energy from short-rotation forestry evaluated. *Chemical and Engineering*, December 13, 2 p. 1975.
- Katzen, R. Associates — Chemicals from wood waste, *Forest Products Laboratory*, Madison, Wisconsin, 171 p. December, 1975.
- Fernandes, J. H. — Why not burn wood?, *Chemical Engineering*, may 25, 1977.
- Patric, J. and D. Smith — Forest Management and Nutrient Cyding in East

- tern Hardwoods, USDA Forest Service Research Paper NE-324, 1975.
- Davis, R. F. — The effect of whole — tree utilization on the forest environment. *TAPPI*, vol. 59, nº 7, 3 p. July, 1976.
- Charcoal — Food and Agriculture Organization of the United Nations, Occasional paper nº 2, Rome, 94 p. 1962.
- Nikitin, N. I. — *The Chemistry of cellulose and wood*, Israel Program for Scientific Translation, 691 f, Jerusalem, 1966.
- Silvicultura*, Ano 1. 64 p. maio-junho 1976.
- La Forêt Amazonienne — Source d'Énergie, Centre Technique Forestier Tropical, 90 p, Octobre 1971.
- Mackay, D. and R. Sutherland — Methanol in Ontario, A Preliminary Report prepared for the Ontario Ministry of Energy, 87 p, November, 1976.
- Economic Pre-Feasibility Study: Large-Scale Metanol Fuel Production from Surplus Canadian Forest Biomass, Part 2 — Working Papers — Intergroup Consulting Econ. Ltd (Winnipeg) et all, Policy and Program Development Directorate, September 1976.
- U.S. Energy Research and Development Administration, Division of Solar Energy — Fuels from Biomass Program — Program and Project Status, november, 1976.
- Gooldstein, I. S. — Potential for converting wood into plastics *Science*, Volume 189, pag. 847-851, Sept, 1975.
- Wood to oil Process — Demonstration plant, Albany, Oregon USA — informações pessoais, 1977.
- Leask, R. — Thermomechanical Pulping circles the globe, *Pulp and Canada*, vol. 77, nº 5, 4 p, May, 1976.
- Leopold, B. — The pulp mill of the Future — Environmental and Raw Material Considerations, Palestra realizada no Centro Técnico de Celulose e Papel, IPT, São Paulo em 1977.
- Assumpção, R. M. V. e M. C. S. Jordão — Situação e Perspectivas da Indústria de Provisões Navais no Brasil. 173rd American Chemical Society Meeting em New Orleans, U.S.A., 20 a 25 de março de 1977, 19 p.
- Dieffenbach, S. and W. L. Cleaver — Tall oil, Reprint from *Hercules Chemist*, nº 60, May 1970.
- Falkehaug, I. — Utility of organic Renewable Resources, Westvaco Research Center, Tretorial lecture at the Fourth National Materials Policy Conference in Henniker, 43 p. 1976.
- Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal — Delegacia do Estado de São Paulo — Comunicação pessoal, 1977.
- II Plano Nacional do Desenvolvimento Econômico — Conselho de Desenvolvimento Econômico — CDE — 1977.
- Ciência e Cultura, vol. 29, nº 3, março de 1977.
- Glasser, W. G. et all — Brazil — How to Harness the Biomass Giant — Trabalho apresentado em: TAPPI Joint Wood Chemistry — Forest Biology Conference, Madison, Wisconsin, June 20-22, 1977.
- Anon — Informe Especial: Redução de Incentivos Fiscais — Uma contradição a ser corrigida — *Silvicultura*, Ano I, nº 1, maio-junho, 1976.
- Banco Nacional de Habitação — Companhia Estadual de Casas Populares — Comunicações: Estado de São Paulo 11.01.76, 04.07.76, 25.01.77; *Jornal do Brasil*, 07.02.77.
- Lima, A. F. e W. G. Glasser — Potencial Energético Brasileiro Através da fixação de energia solar, *Engenharia Química*, vol. 1, nº 2, 9 p. 1977.
- The Feasibility of Utilizing — Forest Residues for Energy and Chemicals — USDA — Forest Service, March 1976.
- Oliveira, L. et all — Aglomeração dos finos de carvão vegetal, *Boletim* nº 341, IV Congresso Anual da ABM, Belo Horizonte, julho de 1959.
- Itapeva Florestal — Informação pessoal 1977.
- CACE — Centro de Informações Econômico-Fiscais-Comércio Exterior do Brasil, São Paulo, 1977.
- Lacotte, M. — Societé Distibois, France, informações pessoais 1977.
- Instituto Brasileiro de Petróleo — A Indústria Petroquímica Brasileira, 1976.
- Balanco Energético Nacional — Ministério de Minas e Energia, 1977.

DEBATES

MAURO REIS — A primeira pergunta é do **Dr. Mauro de Almeida**.

A conferencista possui dados dos rendimentos em termos de ácido acético, metanol, alcatrão etc., na destilação seca do eucalipto em relação às diversas espécies e regiões de plantio?

ROSELY VIEGAS ASSUMPÇÃO — Temos alguns dados, com base em rendimentos fornecidos pela FAO. Há estudos feitos no IPT, mas encomendados por terceiros e cujos resultados são de propriedade dos interessados. Poderia dar os valores gerais, baseados nos dados da FAO, que realmente não estão muito longe daquele que temos obtido. Os rendimentos dados em termos de ácido acético na base seca por tonelada de madeira seca são da ordem de 5,6%; o metileno, que é 80% de metanol é da ordem de 2% em relação à madeira seca.

MAURO REIS — Pergunta da Belgo Mineira:

Até que ponto o uso mais intenso dos resíduos das florestas não são negativos ao equilíbrio biológico do solo? Os resíduos são normalmente integrados ao solo como matéria orgânica?

ROSELY VIEGAS ASSUMPÇÃO — Realmente alguns estudos estão sendo feitos no Virginian Politechnique Institute, com vista à verificação da retirada desses micro-nutrientes e o que isso significaria em termos de reposição de fertilizantes. Eu não tenho os resultados, mas se for de interesse, podem procurar-me que talvez conseguíssemos esses dados. Infelizmente não os tenho, de imediato, em mãos.

MAURO REIS — Pergunta do Sr. **William de Oliveira**:

Gostaria de saber por qual processo se estimou o preço de 13 cruzeiros/litro do etanol e o nome do processo. Foi por hidrólise ácida ou por via enzimática?

ROSELY VIEGAS ASSUMPÇÃO — Esse, na realidade, foi preço dado no Relatório Katsen, transformado em cruzeiros e que é baseado em estimativa do Forest Products Laboratory, de Madison. O processo é por hidrólise enzimática de madeira, produzindo etanol e depois por fermentação.

MAURO REIS — Pergunta do Sr. **Geraldo R. Brasa**, da Uniplac:

Qual a tendência a curto/médio prazo no Brasil: hidrólise ou pirólise da madeira?

Quais as diferenças básicas na destilação do *Eucalyptus saligna* e *Pinus Elliottii*?

ROSELY VIEGAS ASSUMPÇÃO — Quanto ao processo de pirólise, acho que há a

possibilidade de ser adotado e teríamos que desenvolver processos, como é feito na Austrália, na Rússia e em outros países.

Quanto à hidrólise, há duas maneiras de encarar, a hidrólise ácida, com a produção de etanol, como carburante e como multicomponente, visando à formação de outros produtos, não apenas do etanol, como o fenol, etc. Acredito que a médio e curto prazo vai depender muito da acuidade da pesquisa feita e da quantidade de informações, que se conseguir levantar. Quanto à segunda parte, se for pirólise, há a diferença, em termos de produtos, que se obtêm, dos gases não condensados. Em relação à destilação da resina, é completamente diferente, porque aí é um processo de destilação a vapor e não um processo de destilação seca. A destilação seca se obtém dos carvões. Na parte do alcatrão solúvel há um rendimento maior e em compensação o pinus é madeira de densidade maior e o carvão obtido é de mais baixa densidade, muito friável e os problemas dos fornos são maiores.

MAURO REIS — Pergunta o Sr. **Manoel Sobral Filho**, do Lab. de Produtos Florestais de Brasília:

1. A conferencista mostrou uma tabela com a quantidade de energia que se perde em forma de gases não condensáveis quando da produção de carvão vegetal em Minas Gerais. Eu gostaria de saber quais foram as bases para o cálculo, e se a eficiência do processo termodinâmico para coleta destes gases, em uma forma utilizável, foi considerada.
2. Qual dos processos para produção de carvão e gás está em fase industrial e, se possível, qual a localização das plantas industriais e a utilização que se está dando ao carvão e ao gás.

ROSELY VIEGAS ASSUMPÇÃO — Quando se faz o cálculo dos gases não condensáveis, com base nos valores de literatura, que como eu já disse, anteriormente, tanto em relação ao alcatrão, como nos outros casos, tem que haver um processo de recuperação. No caso da ação seca, a matéria volátil da madeira é destilada, condensada, e a parte não condensada é que, eventualmente, retorna ao processo. Isso normalmente é feito nos processos de recuperação de voláteis, e esses gases são usados como um gás combustível. Uma parte da madeira é queimada para a produção de energia, para a fase endotérmica do processo, e pode-se economizar madeira retornando esses gases e queimando-os dentro dos fornos.

Aqui no Brasil, não conheço nenhuma instalação. A grande produção brasileira é com base em processos de encosta, processos de fornos de superfície, sem a recuperação de voláteis. O objetivo é apenas produção de carvão.

A Austrália parece que tem fornos tipo SIFIC, tipo de fornos verticais, para a produção de carvão, e nesses fornos, normalmente, se utilizam os gases. Realmente, esses gases não são suficientes para cobrir a demanda energética da fase endotérmica, sendo necessário complementar com a própria madeira, que queima dentro do forno, seja no caso, por exemplo, de ser acoplado com alto forno, que é também utilizado.

Quanto à segunda parte: existe uma usina na Austrália. Agora, se é gaseificação completa da madeira, para a produção de gás de síntese, acho que eu projetei a Tabela VII, na qual se tem um estágio industrial, e eu poderei, depois, dar a informação completa ao interessado.

MAURO REIS — Pergunta do Sr. **Arlindo de Almeida Rocha** — Rio Doce — Engenharia e Planejamento:

Nas comparações econômicas efetuadas, os possíveis usos alternativos da madeira são comparados com o petróleo e tal comparação é sempre desfavorável para a madeira.

Pergunta-se: — é justo usar-se o preço fictício e político da OPEP, de aproximadamente US\$ 13,00/barril, nestas comparações, consideradas as condições brasileiras? A que preço de petróleo a madeira seria competitiva e, portanto, uma alternativa? O IPT está realizando tais estudos comparativos?

ROSELY VIEGAS ASSUMPÇÃO — Quanto à primeira parte, realmente, não comparamos preços. Nas tabelas que foram mostradas, foi considerado o equivalente em óleo cru, que seria o poder calorífico de cada um dos materiais.

A madeira seca tem qualquer coisa da ordem de 4.400 kcal e o óleo cru tem 10.800 kcal. Sinceramente, não saberia dizer até que ponto os preços do petróleo iriam influir, comparando qual seria o custo, a partir da madeira.

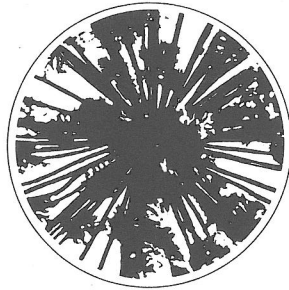
O que procuramos mostrar, na parte de metanol, foi que no Brasil o custo de produção de metanol, por craqueamento de nafta, que nos foi dado, é da ordem de 4 mil cruzeiros por tonelada, coisa da ordem de Cr\$ 3,20 por litro. Baseado em dados de investimento no exterior, que teríamos que corrigir ao transpor para o Brasil.

Teríamos que verificar os valores dos investimentos.

O que se procurou mostrar é que o preço não é 10 ou 20 vezes maior, mas está dentro de uma faixa, que possivelmente venha a ser competitivo. Depende de muita pesquisa e de desenvolvimento da tecnologia.

Quanto aos outros processos, um dos grandes problemas é que muita coisa tem que ser feita, em termos de desenvolvimento, para que se possa ter valores maiores, em termos de investimento, de processos, e aí teríamos condições melhores de comparar custos.

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

SÉTIMA SESSÃO, realizada às 9h do dia 10/8/77, no Auditório G do Palácio das Convenções, Parque Anhembi — SP.

BRASIL: COMO APROVEITAR O GIGANTE DA BIOMASSA

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **CESAR CALVO**
Itauplan

MODERADOR

— **ROBERTO DE MELLO ALVARENGA**
Secretaria Agricultura — SP

CONFERENCISTA

— **WOLFGANG G. GLASSER**
Universidade Estadual de Virgínia

BRASIL: COMO APROVEITAR O GIGANTE DA BIOMASSA

Wolfgang G. Glasser

Sumário Summary

Constatação de que o Brasil enfrenta o desafio de manter o ritmo do seu desenvolvimento industrial, com base no potencial natural de seu território para a fixação de energia solar. Tal potencial envolve uma série de fatos que são assim sintetizados: o valor monetário da energia oriunda da biomassa seca (na forma de madeira) corresponde a um décimo daquele da eletricidade e um oitavo do da gasolina; a capacidade de desenvolvimento volumétrico das árvores está entre as mais elevadas, inclusive em termos internacionais; o consumo de madeira poderá alcançar a apenas alguns centésimos de um mantido rendimento reprodutivo; a área correspondente a 1% do território brasileiro, em condições de fixar, na forma de biomassa, quantidade de energia, equivalente à produção anual de petróleo de um país como o Irã.

Afirmção de que a exploração comercial desta mesma força reprodutiva de biomassa está sendo limitada, em grande parte, pela ausência de modernas tecnologias integradas em um programa específico. Discussão da problemática energética nacional sob estes vários pontos de vista.

Brazil — How to Utilize This Biomass Giant

Constation that Brazil faces the challenge of maintaining its industrial development rate, based on the natural potential of its territory, to solar energy settlement. Such a potential involves several facts that are summarized as follows: the capital cost of energy from dry biomass (wood form) corresponds to a tenth part of that from electricity, and one eighth of that from gasoline; the volumetric developing capacity of trees is among the highest, including international terms; wood consumption can extend to only some centesimal part of a maintained reproductive output; the area correspondent to 1% of the brazilian territory presents conditions to set, on a biomass form, an energy quantity equivalent to oil annual production of a country as Iran.

Statement that commercial exploitation of this same reproductive biomass force is being limited largely by the lack of modern integrated technologies on a specific program. Discussion of national energy proposition under these several opinions.



O prof. Wolfgang G. Glasser é diplomado em tecnologia da madeira pela Universidade de Hamburgo, em 1966; é doutor em química da madeira pela Universidade de Hamburgo, em 1969; professor do Departamento de Silvicultura e de Produtos Florestais do Instituto Politécnico da Virgínia, nos Estados Unidos, desde 1975; foi diretor do Centro Técnico em Celulose e Papel do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo, em 1976, e tem cerca de 25 publicações em revistas de pesquisa internacional, versando sobre assunto de madeira.

BRASIL: COMO APROVEITAR O GIGANTE DA BIOMASSA

Wolfgang G. Glasser

No documento sobre "BRASIL — COMO APROVEITAR O GIGANTE DA BIOMASSA", procurei dar-lhes uma impressão sobre a situação dos recursos renováveis no Brasil. O documento verterá este tópico em quatro seções principais: 1) uma descrição e definição do que denominamos "gigante de biomassa"; 2) uma descrição da situação atual do Brasil relativamente a energia e ao seu desenvolvimento industrial tanto quanto relacionados à utilização da biomassa; 3) um relato sobre como o Brasil encara o seu futuro econômico à luz dos seus recursos naturais e particularmente dos recursos renováveis; e 4) algumas idéias sobre como este país pode e necessita ajudar o Brasil em seu esforço para ajear o gigante da biomassa.

I. Descrição do "Gigante da Biomassa"

Quadro 1. Um fato pouco percebido nos Estados Unidos é de que o Brasil tem um território quase igual ao do território continental dos Estados Unidos. De fato, se excluíssemos o Alasca, o Brasil seria maior do que os Estados Unidos. Em termos de área florestal total, o Brasil realmente é algo maior do que os Estados Unidos.

Quadro 2. Os números neste quadro fornecem uma comparação entre os Estados Unidos e o Brasil em termos de potencial de biomassa. Eles são um tanto audaciosos de minha parte, já que é quase impossível localizar indicações válidas e confiáveis sobre a produtividade da floresta amazônica. Todavia, estimativas rústicas, apoiadas em várias fontes publicadas, sugerem que o Brasil atualmente detém cerca de 20% dos recursos florestais mundiais em pé, e que o crescimento médio da árvore em uma plantação de eucaliptos no sul do Brasil ultrapassa a média da produtividade florestal nos Estados Unidos aproximadamente dez vezes. Os algarismos sobre a produtividade das plantações também variam consideravelmente, e 400 pés cúbicos/acre aparenta ser uma média regional que poderá ser mantida facilmente. Outras fontes citam algarismos sobre a produtividade de biomassa tão elevados como 100 a 250 t/ha por ano; mas estes números devem ser menos representativos, devendo ser recebidos com grande ceticismo. Consideradas as enormes reservas florestais e potenciais de crescimento, as extrações de madeira redonda realmente aparentam serem mínimas. Elas parecem totalizar apenas aproximadamente 3% em comparação com os 75% nos Estados Unidos.

Quadro 3. A principal razão porque as gigantescas reservas florestais são utilizadas apenas em tão pequena proporção é explicada pela concentração de além de 75% de todas as florestas na região amazônica. A inacessibilidade e as quantidades das espécies parecem ser o empecilho primário das florestas amazônicas para uma utilização mais completa. Apenas pouco mais de 10% da área florestal estão localizados no sul e no sudeste, onde estão localizadas a população e as indústrias do Brasil. Esta área igualmente contém a maioria das plantações florestais feitas pelo homem, as quais hoje totalizam aproximadamente cinco milhões de acres. Estas são as florestas que são bem administradas, bem utilizadas, e que apresentam uma elevada produtividade.

Quadro 4. Dos a grosso modo três bilhões de pés cúbicos de madeira que são anualmente utilizados no Brasil, apenas cerca de 10% são convertidos em celulose e papel. O restante é transformado em carvão, lenha, e em produtos sólidos de madeira. Estes algarismos parecem justificar, novamente, uma impressão de utilização ineficiente do recurso renovável, pela qual poderão ser responsabilizadas a distribuição florestal, as dificuldades dos transportes, e as tecnologias antiquadas.

II. Situação da Energia e do Desenvolvimento Industrial no Brasil

Quadro 5. O impacto da elevação em espiral dos custos da energia sentido através do

Quadro 1
ÁREA FLORESTAL

	Território 1000 milhas quadradas	Total	Area de Florestas 10 acres	Total em % do Território
USA	3615.1	754	Comercial ¹ 500	32.6
Brasil	3286.5	871	?	41.4

¹ Mín. de 20 pés cúbicos/acre de crescimento anual

Quadro 2
ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE E UTILIZAÇÃO FLORESTAL

	Total Anual do Crescimento ¹ — Estimativa — pés cúbicos/acre	área total 10 ⁹ pés cúbicos	Extrações de Madeiras Redondas — Estimativa — 10 ⁹ pés cúbicos	%
USA	38	18.6	14	75
Brasil	400 ²	80-100 ³	2-3	3

¹ Média das florestas comerciais
² Floresta de eucaliptos em São Paulo
³ de Betutti: Amazonas, em rotações de apenas 50 anos: 65 x 10⁹ pés cúbicos

Quadro 3
DISTRIBUIÇÃO DAS FLORESTAS BRASILEIRAS

	Área das Florestas 10 ⁶ acres	Em Percentual do Território	do Total das Florestas
Naturais			
Norte	674.8	32.1	77.5
Nordeste	32.4	1.5	3.7
Sudeste	33.1	1.6	3.8
Sul	35.3	1.7	3.8
Centro	94.9	4.5	10.9
TOTAL	870.5	41.4	100.0

mundo é rudemente agravado nos países em desenvolvimento. Estes são os países que muito freqüentemente estão instalando indústrias baseadas em tecnologias acionadas por combustíveis fósseis, sem que eles mesmos possuam recursos fósseis. A um mesmo tempo, estes países parecem enfrentar perpétuas dificuldades para equilibrar o seu comércio exterior. Hoje essas nações estão se debruçando com a alternativa de ou reduzirem radicalmente o consumo de energia, assim retardando ou até mesmo cessando um desenvolvimento industrial apenas iniciado, ou de incentivarem o consumo de energia e o desenvolvimento industrial, e por essa forma avivarem a inflação através de dívidas externas em contínuo crescimento. Os números fornecem uma boa indicação sobre a dependência da economia brasileira das importações dos recursos fósseis estrangeiros. Quase a metade da energia do Brasil provém dos combustíveis líquidos, o que é algo superior à média mundial. O Brasil utiliza pouco carvão e gás natural; contudo o Brasil parece ter sido abençoado com uma riqueza de energia hidroelétrica. A energia da biomassa corresponde aproximadamente a 27% de toda a energia necessária. Embora o governo brasileiro haja tentado sem sucesso reduzir o consumo de gasolina no Brasil, principalmente ajustando o preço a US\$1.50 por galão, deverá ser salientado que o governo está claramente devotado mais a ampliar o desenvolvimento industrial do que a uma redução do consumo de energia. Como uma consequência, o governo brasileiro vem explorando diversas alternativas novas e não convencionais para a geração de energia desde 1974. Entre elas se encontram as novas explorações das reservas de petróleo e gás; novos projetos de energia hidroelétrica; um programa nuclear de larga escala, envolvendo a aquisição de nove unidades geradoras de energia nuclear, e know-how de enriquecimento da Alemanha Ocidental; e um programa enfocado no potencial do seu território para a fixação da energia solar pela fotossíntese. Na seqüência direi como o governo brasileiro antecipa ajazezar este potencial fotossintético do seu país.

Quadro 6. A utilização da biomassa na forma de carvão já corresponde a uma ponderável porção do total do consumo brasileiro de energia. Dos 60% de energia gerados nacionalmente, cerca da metade provém da biomassa na forma de carvão.

Quadro 7. O futuro papel da biomassa para a economia brasileira está ilustrado neste quadro. O Brasil detém, a grosso modo, dois terços das reservas comprovadas de minério de ferro deste planeta. Este minério qual está acessível à mineração de superfície, podendo ser extraído em alta concentração, oferece o grande potencial para gerar divisas. Assim, a produção do aço se encontra muito ao alto na lista das prioridades nacionais para o desenvolvimento industrial. E o carvão é uma excelente matéria-prima para a energia necessitada no refino do aço. Uma outra indústria de alta prioridade para o governo brasileiro é a indústria da celulose e do papel. O potencial para a geração de energia e para produtos químicos poderá ser realizado no Brasil, e isso está sendo feito hoje no Brasil na forma de lenha, carvão e álcool etílico. O Brasil se tornou muito cômico do enorme potencial de recursos renováveis do seu país, e está tentando utilizar este potencial tanto quanto possível, para o seu futuro

desenvolvimento econômico e industrial. Sendo um país com um particular desnível entre os recursos fósseis e os recursos renováveis, o Brasil precisará empregar tecnologias que sejam baseadas nos recursos renováveis em um grau muito maior do que o fazem outros países. E agora o Brasil está começando a desenvolver ou a adaptar tais tecnologias à sua situação única de matérias-primas. Áreas de particular interesse são o carvão para a indústria siderúrgica, a madeira para a indústria da celulose e do papel, e álcool etílico para combustíveis carburantes. A seguir apresentarei alguns pontos salientes em cada uma destas três áreas.

III. Plano Brasileiro para "Amestrar o Gigante"

Quadro 8. Quando comparado com suas reservas florestais e potencial do crescimento arbóreo, o Brasil realmente tem sido um "anão" em celulose e papel entre as nações. Com 20% das reservas florestais mundiais,

a sua produção de celulose e papel atinge apenas um ou dois por cento do mercado mundial; e o Brasil continua sendo um firme importador de papel.

Quadro 9. Todavia, em reconhecimento ao seu grande potencial de biomassa, é esperado que o Brasil se desloque para as primeiras posições entre os países produtores de celulose e papel. Está previsto que triplicará a sua produção em 1980, e que aumentará de vinte vezes a sua atual produção lá pelo ano 2000. Nessa época a sua capacidade industrial para celulose química de madeira corresponderá a 10% do mercado mundial.

Quadro 10. A Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas parece concordar com estas projeções. Suas estatísticas prevêm que as capacidades mundiais para celulose química de madeira crescerão em 17 milhões de toneladas métricas entre 1975 e 1980, e que a América do Norte contribuirá com 5 milhões de toneladas mé-

Quadro 4 ESTIMATIVA DA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA POR CATEGORIAS 1976

(1.000 ton. métricas)	
Celulose e Papel	4.000
Carvão Vegetal	20.000
Outros (madeira, lenha, etc.)	20.000
TOTAL	44.000
(Equivalentente a 3 x 10 ⁹ pés cúbicos)	

Quadro 5 FONTES DE ENERGIA — 1973 (em Percentual)

	Mundial	USA	Brasil
Combustíveis sólidos (mineral, carvão, etc.)	30.0	17.8	3.2
Combustíveis líquidos	43.7	42.0	48.4
Gás natural	23.0	34.8	0.3
Hidroelétrica e Nuclear	3.4	5.0	20.7
Fotossintética			27.4

Quadro 6 FONTES DE ENERGIA DO BRASIL POR ORIGEM (Em Percentual)

Importação	40
Produção nacional, total	60
— Combustíveis Fósseis	10
— Hidroelétrica	20
— Carvão Vegetal	30

Quadro 7 PAPEL DA BIOMASSA NA ECONOMIA NACIONAL

Produto Manufaturado	Matéria Prima Derivada da Biomassa
Aço	Carvão vegetal
Celulose e Papel	Polpa de madeira
Energia e Produtos Químicos	Carvão vegetal, lenha, Alcool etílico

Quadro 8 CAPACIDADES EM CELULOSE, PAPEL E PAPELÃO EM 1975 (Em 10⁹ toneladas métricas)

	Mundial	USA	Brasil
Total Celulose de Madeira (tipos para papel)	126.8	42.2	1.66
Celulose de Outras Fibras	9.3	.64	.19
Celulose Dissolvida	6.0	1.62	.14
Total Papel e Papelão	175.0	57.2	2.46

tricas, onde o Brasil aduzirá a isto outras três. Segundo se espera, este desenvolvimento criará aproximadamente 200 000 novos empregos, 50 000 dos quais seriam na indústria e 150.000 no florestamento.

Quadro 11. O plano nacional para o desenvolvimento da indústria da celulose e papel requer a instalação de 30 distritos florestais, cada um com 350.000 acres. Este porte foi escolhido para a finalidade do abastecimento de duas fábricas de 1.000 toneladas diárias de celulose com matéria-prima. A área total necessária para estes 30 distritos florestais ultrapassará 10 milhões de acres, uma área ocupando meio por cento do território do Brasil. As espécies plantadas nesta área são eucaliptos e pinheiros. Dois terços dos distritos florestais serão localizados no Brasil Central, nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Espírito Santo, e no sul da Bahia; e um terço de todos os distritos será localizado nas partes do Norte e do Nordeste do país.

A impressão que agora está em evolução é a de um Brasil como um "gigante em embrião" ou "adormecido", a despeito do fato de que ele já possui 20% de todas as reservas florestais. O governo e a indústria parecem estar de acordo em suas previsões, de que o futuro desenvolvimento econômico do país dependerá grandemente da colheita do potencial do crescimento florestal das regiões subtropicais do Brasil. O futuro é identificado com florestas de monocultura altamente produtiva nas regiões Sul e Centro-Sul

Quadro 9

PERSPECTIVA DA CAPACIDADE DE POLPA DE MADEIRA PARA O BRASIL

1975 — Capacidades de Polpa de Madeira	1.655.000 t.
— em % das capacidades mundiais	
1980 — Capacidades de Polpa de Madeira	4.941.000 t.
— em % das capacidades mundiais	3,3%
2000 — Capacidades de Polpa de Madeira	32.500.000 t.
— em % das capacidades mundiais	10,0%

Quadro 10

PROJEÇÃO DA FAO

A capacidade mundial para celulose química de madeira crescerá de 17×10^6 toneladas métricas entre 1975 e 1980. A América do Norte contribuirá com 5.1×10^6 toneladas métricas, o Brasil com 3.1×10^6 toneladas métricas. Isto criará 200.000 novos empregos no Brasil; 1/4 na indústria e 3/4 no reflorestamento.

Quadro 11

Este plano requererá 30 "Distritos Florestais", cada um com 350.000 acres; cada um abastecendo com matéria-prima duas fábricas de celulose para 1.000 toneladas diárias. Área total necessária 10.5×10^6 acres % do Território do Brasil 0.5 Reflorestamento com as espécies: Eucaliptos e pinheiros Localização: 20 Distritos no Brasil Central (M.G., Goiás, E.S., Sul da Bahia) 10 Distritos no Norte e Nordeste do Brasil.

do Brasil. Ali, florestas cobrindo apenas 3% do território brasileiro serão suficientes para suprir o mundo inteiro com celulose química. E somente 2% ou menos de todo o território brasileiro serão o bastante para a fixação fotossintética de quanta energia solar seja consumida por todo o país.

Apesar da marcante ênfase da indústria sobre as plantações feitas pelo homem nas regiões Sul e Centro do Brasil, a Amazônia não ficou inteiramente esquecida. Em contraste com as muitas pequenas empresas privadas em operação na região amazônica, uma gigantesca empresa com financiamento dos Estados Unidos teve seu início nos últimos anos, a qual merece ser mencionada neste contexto.

Um milionário americano de nome Daniel Ludwig, proprietário de uma gigantesca empresa de transportes marítimos, entre outras, adquiriu há aproximadamente 12 anos, de um grupo de proprietários de terras brasileiras, uma área ao longo do Rio Amazonas, igual em tamanho a mais ou menos um terço do Estado de Israel. Nesta fazenda ele, desde então, iniciou atividades de criação de gado e de cultura de arroz, mineração de caulim, de reflorestamento com as espécies *Gmelina arborea* e *Pinus carybea* e está prosseguindo com a instalação de uma fábrica de celulose, de 750 toneladas diárias. Esta fábrica de celulose está sendo construída no Japão e será rebocada em barcaças através do Oceano Pacífico para ser instalada em um tributário do Rio Jarí. Os investimentos em curso são referidos como totalizando 100 ou 150 milhões de dólares, e esta soma será duplicada ou triplicada quando a fazenda estiver em operação.

Depois de publicada uma resumida descrição destes esforços na revista TIME, foram publicadas notas ao editor sob o título "Ludwig, o Rei Louco". Como um bávaro, eu poderia acentuar que não importando o quanto de louco possa ter sido o Rei Ludwig, certamente ele é um dos poucos reis bávaros a ainda ser lembrado por muitas gerações seguintes por suas criações duradouras.

Eu, por exemplo, estou convencido de que o Sr. Ludwig está prestando com este esforço notável um inestimável serviço para todo o mundo em desenvolvimento.

Será necessário um esforço como este para demonstrar se ou não a população deste planeta jamais poderá depender de úteis contribuições das suas regiões tropicais. E nenhuma burocracia governamental ou multinacional jamais poderia assumir um tal empreendimento, não importando a enormidade do investimento.

Uma típica fábrica para 750 toneladas diárias de celulose química localizada no Estado de Minas Gerais, ilustra um investimento mais convencional no futuro da celulose e do papel do Brasil. Ela produzirá celulose kraft de eucalipto completamente branqueada,

para o mercado mundial. É a primeira fábrica de um empreendimento associado brasileiro-japonês em reflorestamento e fábricas de celulose. Sua localização é no coração do território da mineração de minério de ferro.

A informação sobre estas duas novas instalações de celulose e papel no Brasil vem reforçar a impressão do Brasil como um gigante em potencial de biomassa, porém não necessariamente um em existência.

Ambas as fábricas, quer estejam nos trópicos ou subtropicais, estão baseadas mais em plantações florestais de monocultura do que em biomassa existente. Em seqüência farei um destaque sobre as implicações que os programas brasileiros, siderúrgico e do álcool etílico têm sobre a riqueza em fotossíntese do país.

Quadro 12. A exemplo da produção de celulose e papel, igualmente está previsto que a produção do aço será quadruplicada no decorrer dos próximos dez anos. A atual produção de 10 milhões de toneladas métricas anuais utiliza principalmente coque de carvão mineral como fonte de energia. Somente uns 30% da totalidade do aço são hoje manufaturados tendo o carvão como fonte de energia. A elevação da produção para 40 milhões de toneladas em 1985 ocasionará a baixa da contribuição do carvão à fonte de energia para a produção de aço para menos de 20%, isto se os esforços do reflorestamento não forem grandemente ampliados. Este número está baseado na presunção de que toda a madeira colhida nas florestas de eucaliptos do Estado de Minas Gerais seja utilizada para gerar carvão; e omite o fato de que as fábricas de celulose irão competir pela matéria-prima na mesma região. Um ambicioso plano de reflorestamento para uma adição de 3.25 milhões de acres em 1985 está preparando o palco para o Cenário B. A contribuição do carvão para 30% da energia necessária para a manufatura do aço somente poderia ser mantida se o Brasil decidisse reflorestar uns 400.000 acres adicionais por ano durante oito anos no sentido do suprimento do carvão necessário para uma única unidade siderúrgica.

Quadro 13. Os números neste quadro exprimem a produção de aço em termos da energia necessária seja na forma de carvão mineral o coque, ou na forma de carvão oriundo das florestas de eucaliptos. A manufatura de uma tonelada de aço requer uma produção mantida de madeira de cerca de dois terços de acre de floresta de eucaliptos. Assim, a reposição integral em carvão de toda a energia necessária exigiria uma área de cerca de uns 30 milhões de acres, o que corresponde a além de seis vezes mais de quanto atualmente está disponível em todo o Brasil. Portanto, já se poderá prever que a competição pela matéria-prima será muito forte,

Quadro 12

PRODUÇÃO DE AÇO PROJETADA E FONTES DE ENERGIA PARA A REDUÇÃO DO METAL

(em 10^6 toneladas métricas p.a.)

	1975		1985	
	Produção	%	Cenário A Produção	Cenário B Produção
Fontes de Energia				
Coque	5.1	52	24.2	60.5
Carvão Vegetal	2.8	29	7.0	17.5
Sucata de Ferro	1.5	15	3.8	9.5
Redução Direta	0.4	4	5.0	12.5
TOTAL	9.8	100	40.0	100

particularmente na região onde estão concentradas as usinas siderúrgicas.

Quadro 14. O programa do álcool etílico do governo brasileiro recentemente vem recebendo muita publicidade, principalmente porque é uma tentativa única para a busca de uma solução para o problema da energia. Este programa está baseado por um lado sobre o fato do Brasil ser um importante produtor de açúcar, e do álcool etílico ser um subproduto da refinação do açúcar, e por outro lado sobre o fato do álcool etílico ser um eficiente combustível carburante, o qual, volume por volume, fornece igual energia quanto a gasolina derivada do combustível fóssil. Além disso, o álcool etílico oferece a vantagem de ser praticamente isento de poluição, um benefício particularmente benévolo nos centros populacionais brasileiros superpopulosos e poluídos. As misturas de 80% de gasolina e 20% de álcool etílico podem ser utilizadas sem dificuldade nos motores normais dos automóveis, os quais funcionarão com suficiente limpeza para serem satisfeitos até mesmo os rigorosos padrões de poluição da Califórnia. Tendo estes fatos em mente, o Brasil embarcou em uma aventura do combustível-pela-biomassa de gigantescas proporções. O plano estabelece a produção de aproximadamente 4.5 milhões de metros cúbicos de álcool etílico lá pelo ano de 1980, o que representa um aumento de oito vezes acima da produção atual. A madeira, por enquanto, não tem sido considerada como matéria-prima em potencial para a obtenção de álcool etílico. Em contraste, o Brasil visio-

Quadro 13

A produção de uma tonelada de aço requer 0.6 t. de coque, equivalente a 0.8 t. de carvão mineral (importado na proporção de 70%); ou 3.3 m³ de carvão vegetal, equivalentes à produção mantida de 0.65 acres de florestas de eucaliptos.

Quadro 14

PRODUÇÃO PROJETADA DE ALCÓOL ETÍLICO
(Programa do Alcool)

- De cana-de-açúcar (93%)
- De mandioca (6.2%)
- Como subproduto da produção de açúcar ou melaço
- Como destilarias independentes
- Atual produção (m³): 650 x 10³
- Produção projetada - 1980 (m³): 4.600 x 10³ (outras fontes: 3.000 x 10³ m³)
- Área necessária à expansão: 2,3 milhões de acres com plantações de cana-de-açúcar
- Meta: utilização de 20% de álcool etílico na gasolina

Quadro 15
METAS

O reflorestamento nos próximos cinco anos de 1,5 milhão de acres anualmente, para atingir:

- Necessidades de polpa de madeira (41%)
- Necessidades de carvão vegetal .. (42%) (Cenário A)
- Necessidades de madeira (18%)

o plantio de cana-de-açúcar em 2,3 milhões de acres adicionais, à escala de até 750.000 acres anualmente.

na instalar plantações de cana-de-açúcar em 2.3 milhões de acres do seu território. Os óbices da disponibilidade da cana-de-açúcar em temporadas podem ser superados pela utilização da mandioca, uma raiz vegetal semelhante à batata, que contém de 20 a 25% de amido. Enquanto a cana-de-açúcar não exige uma sofisticada tecnologia de hidrólise anteriormente à fermentação, a mandioca exige. Embora o governo brasileiro tenha financiado bem sucedidas operações piloto, até agora a mandioca não se converteu em matéria-prima favorita dos destiladores de álcool. A razão para isto parece se assentar no fato de que as destilarias de mandioca não podem ser operadas com independência da energia como o podem as destilarias de açúcar. As usinas de açúcar contam com um amplo suprimento de bagaço para o atendimento das suas necessidades operacionais de energia. Até agora, o governo recebeu um total de 102 pedidos de financiamento para destilarias à base de açúcar de cana, e unicamente dois pedidos para destilarias à base de mandioca.

O financiamento do programa do álcool etílico parece estar assegurado através de um fundo administrado pelo governo, o qual é permanentemente revigorado com a venda de álcool etílico para gasolina a US\$1.50 por galão, sendo que as destilarias podem produzir álcool etílico com um lucro saudável por US\$ 1 por galão. O álcool etílico será adquirido por atacado pelo exclusivo distribuidor de gasolina no Brasil, de propriedade do governo, a Petrobrás, a qual canalizará o lucro para o fundo do álcool etílico.

Um dos benéficos efeitos marginais deste esquema do combustível-pela-biomassa é a previsão de que este programa conduzirá à criação de entre 250.000 e um milhão de novos empregos no Brasil. Além disso, esses empregos serão localizados nas áreas economicamente desprovidas do Brasil, onde o desemprego é particularmente elevado.

Quadro 15. Estou resumindo os pontos altos das expectativas do Brasil em termos das possíveis vantagens econômicas decorrentes do aproveitamento do potencial fotossintético do país. O Brasil espera reflorestar nos próximos cinco anos 1.5 milhão de acres anualmente no sentido de produzir o seu carvão para o aço, a madeira para a celulose e o papel, e atender às suas necessidades de madeira. O aço e a celulose então irão exigir cerca de 40% cada um da totalidade da biomassa dos reflorestamentos. Em adição à biomassa das florestas, o Brasil espera plantar 3/4 milhões de acres anualmente com cana-de-açúcar para a conversão em álcool etílico.

Agora já estamos percebendo um embrião gigante da biomassa que está estendendo os seus instrumentos de fixação da energia solar, e preparando-se para basear o seu desenvolvimento industrial sobre a capacidade de fixação fotossintética da energia solar do seu território fértil.

Todos reconhecem que este é um empreendimento ambicioso; a questão é se ele absolutamente é possível. Os especialistas parecem considerar que efetivamente ele é possível e apontam para o fato de que o Brasil cresceu dentro de um curto período de oito anos para se transformar no maior cultivador de soja de todo o mundo. Hoje o Brasil conta com 15 milhões de acres plantados com soja, e com uma área adicional de 100 milhões de acres de terras férteis e

aráveis não utilizadas.

Dizendo isto não pretendemos deixá-los sob a impressão de que a tarefa é fácil. Todavia, as reais dificuldades não estão previstas como resultando da capacidade de fixação de energia, do plantio e da colheita da biomassa, porém mais derivando de fatores tais como a confiança e a compreensão da pesquisa; a ausência de linhas de comunicação entre os centros de pesquisa, as universidades, e o governo; e a falta de auto-confiança em sua própria tecnologia nacional brasileira.

IV. O Papel do Mundo Exterior

Precisa ser acentuado que o Brasil não está agindo inteiramente isolado em sua tentativa para utilizar o seu tremendo potencial para a geração da biomassa. Muitas companhias norte-americanas, européias e japonesas estão envolvidas e fornecem assistência neste campo. No entanto, são empresas privadas que estão estabelecendo instalações manufatureiras com base em tecnologia conhecida e comprovada, com frequência apenas mal adaptadas às condições ambientais brasileiras. E o que é ainda mais necessário do que isto é um concentrado auxílio internacional no desenvolvimento de uma tecnologia integrada baseada na biomassa, a qual poderia ser diretamente transplantada para outros países tropicais em desenvolvimento. A aplicação das pressões políticas objetivando o abandono dos planos para o estabelecimento de usinas de energia nuclear, pelo motivo da não proliferação da tecnologia nuclear não é razoável quando não existam reais alternativas para a tecnologia nuclear.

Parece que seria politicamente mais judicioso o oferecimento de assistência científica e tecnológica no sentido da criação de tais alternativas, qual seria o caso do desenvolvimento de uma tecnologia baseada na biomassa; uma tecnologia da qual este país possui bastante conhecimento, e se encontra em vias de aprimorar ainda mais. Um tal auxílio muito bem poderia ser coordenado por agências tais como a ERDA ou a NSF.

Um exemplo de como o Brasil presentemente está procurando melhorar sua capacidade tecnológica é o Centro Brasileiro de Pesquisa de Celulose e Papel, em São Paulo.

Este centro, cujo projeto foi executado pelo Professor Rytty, de Helsinki, contratado por Jaakko-Poyri, vários anos atrás, é uma parte do Instituto de Pesquisas Tecnológicas em São Paulo, um conglomerado de instituições de pesquisa empregando 1.600 pessoas e realizando pesquisas e fornecendo assistência técnica em todas as áreas de matérias-primas e de necessidades tecnológicas no Brasil. A equipe técnica deste centro de pesquisa da celulose e do papel atualmente está envolvida em um programa de treinamento em larga escala nos Estados Unidos. Este programa é patrocinado por USAID e é coordenado por VPI & SU na Virgínia. Acreditamos que este é um bom começo do tipo de assistência técnica sobre tecnologia da biomassa que o Brasil necessita, e para o qual este país se encontra em uma boa posição para oferecer. Esperamos que tais programas cooperativos cresçam em número e sejam intensificados no sentido de constituírem uma significativa contribuição na direção do amestramento do Gigante da Biomassa.

DEBATES

EDUARDO SIMONSEN F.º — Pergunta de **NORBERTO LEDERER** — (Technit) — O Sr. citou duas toneladas por ano, por hectare. O que seria, realmente, possível, do ponto de vista abordado. Parece-me que podemos obter 15 toneladas de eucalipto por hectare por ano. Seria possível, realmente, obter mais, em termos de biomassa? Quanto se pode realmente colher em termos práticos?

WOLFGANG GLASSER — De acordo com práticas atuais, recuperamos 50% da biomassa total de uma árvore. Novas tecnologias que estão sendo estudadas atualmente, em termos experimentais, em vários laboratórios florestais americanos, juntamente com os fabricantes de equipamento, parecem indicar a possibilidade de se colher uma porcentagem maior de coníferas, extraindo-se a raiz, utilizando-se uma máquina que corte as raízes laterais, obtendo-se assim uma porcentagem superior.

NORBERTO LEDERER — Mas isto não seria possível para o eucalipto, porque a raiz fica. Neste caso, qual seria a biomassa? Por exemplo, no caso de cana-de-açúcar? Se, além da cana, fôssemos colher o resto da biomassa disponível, a quanto isto equivaleria?

WOLFGANG GLASSER — Realmente não me sinto capacitado para responder a esta pergunta; mas acho que a sacarose extraída representa aproximadamente a metade da biomassa.

NORBERTO LEDERER — Sim, mas o Sr. se referiu a uma tonelada de açúcar que lhe daria aproximadamente 100 quilos de sacarose, o que equivaleria a 10%. Temos 25% de bagaço, o que nos dá um total de 35%; o resto seria água. Portanto, se considerarmos a biomassa seca, teremos aproximadamente 30% — talvez menos — de sacarose. Eu estou interessado naquele material todo que fica no campo. O Sr. não sabe o que isto representa, em termos de biomassa?

WOLFGANG GLASSER — Não, não sei.

EDUARDO SIMONSEN F.º — Pergunta do Sr. **P. W. Prange**, da Olinkraft:

Durante sua permanência no Brasil no IPT, que experiência e resultados teve do uso de eucalipto com casca, para ser transformado em celulose branqueada?

Que é necessário, na sua opinião, para fazer os europeus e americanos usarem fibra de eucalipto em forma de papel e celulose?

WOLFGANG GLASSER — A primeira pergunta seria sobre quais as experiências e resultados obtidos no IPT, utilizando-se eucalipto com casca, no setor de celulose. Eu devo lhes dizer que, no centro de pesquisa

de papel e celulose, no IPT, esta sendo completada agora uma pesquisa. Realmente, foram poucas as experiências realizadas durante minha estada no Brasil, no ano passado. Parece que não foram feitas experiências de fabricação de celulose a partir de cavacos e inclusive da casca, de modo que não posso responder à primeira pergunta.

E acho que, tampouco, posso responder à segunda, para dizer a verdade; sobre o que é necessário para europeus e americanos usarem fibras curtas, não estou em condições de responder.

EDUARDO SIMONSEN F.º — Pergunta do Sr. **Geraldo Braga**, da Uniplan:

Gostaria de ter um panorama da floresta feita pelo homem em Mato Grosso. O que fazer com elas?

WOLFGANG GLASSER — Esta pergunta exige, realmente, uma espécie de receita como resposta. Acho que a Dra. Roseli Assumpção resumiu perfeitamente a tecnologia de biomassa, ou as tecnologias que existem para a fabricação de químicos e combustíveis, óleo, gás e assim por diante. E eu acho que, francamente, isto dependeria de um estudo de viabilidades econômicas, para se verificar quais são as alternativas, no que diz respeito à colheita e aproveitamento desta biomassa. Eu não posso dar detalhes a respeito de qual a tecnologia a ser adotada. Não foi a minha intenção a de apresentar soluções práticas. Infelizmente, eu tampouco poderia responder a esta pergunta.

EDUARDO SIMONSEN F.º — A próxima pergunta é do Sr. **Maurício Hosenclever**, da Florestal Acesita:

O consumo de 3,3 m³/ton de carvão na indústria siderúrgica foi tomado como referência também nas expansões projetadas para 1980 e 1985?

Não foi prevista melhoria nos índices da siderurgia a carvão vegetal?

WOLFGANG GLASSER — Os dados estatísticos que utilizei neste trabalho foram apontados em publicações brasileiras do ano passado. Eu não posso dizer, especificamente, de onde obtive estes dados específicos. Mas, aquela cifra de 3,3 m³ por tonelada é o algarismo utilizado nas projeções para 1980 e 1985.

EDUARDO SIMONSEN F.º — Pergunta do Sr. **André Briquelot**, da Itapeva Florestal.

Por que o conferencista não inclui Mato Grosso nos 20 Distritos Florestais, incluindo Goiás, que apresenta mais deficiência hídrica?

WOLFGANG GLASSER — Peço desculpas pela omissão. Quando apresentei aque-

le trabalho, no seminário da TAPE, quis enumerar alguns Estados que estavam envolvidos. Não foi minha intenção a de apresentar a eles uma lista completa de todos os Estados, com projetos de silvicultura. Certamente, Mato Grosso é um deles, e peço perdão por tê-lo omitido.

EDUARDO SIMONSEN F.º — Pergunta do Sr. **Leônidas Levitinas**, da ABCP.

Consideramos a captação "verde" da energia solar.

E a melhor captação até agora?

WOLFGANG GLASSER — Nós gostaríamos de permanecer autônomos, devido ao preço. Poderá haver problemas de transporte, se as usinas estiverem afastadas das terras. Como explicou o Sr. Bergonzo, podemos ter usinas autônomas. Podemos dividir a produção dos valores pirolenhosos em duas partes: uma parte não condensada, devida somente à sua energia disponível calorífica para aquecer as caldeiras. Essas caldeiras fariam o resto da produção, não só pelo carvão, mas também por produtos químicos, de tal forma a permanecer autônoma.

A quantidade de energia que pode ser extraída de material verde, ou planta, depende em grande escala de seu teor de umidade. E, entretanto, muito difícil dizer que o teor de energia que pode ser obtido, utilizando-se determinada tecnologia, realmente se constitua numa premissa válida, porque, como já indiquei, os Estados Unidos parecem identificar em grande parte de sua biomassa não aproveitada como sendo úmida, um teor de umidade superior a 50%. Nesse caso, a queima já não é viável. Entretanto, essa conversão para combustível utilizando processos enzimáticos ou biológicos talvez seja uma possibilidade num futuro próximo.

Temos, por exemplo, a fermentação anaeróbica, a produção de metano, que é uma prática bastante empregada na Europa em unidades para tratamento de esgoto. Inclusive, a hidrólise enzimática de carboidratos, convertendo-se em açúcares fermentáveis, é uma tecnologia úmida que começa utilizando biomassa com mais de 50% de teor de umidade.

De forma que, embora seja preciso nos lembrarmos do impacto da umidade sobre o valor combustível da biomassa, no ato da queima, isto não significa que esta possibilidade não possa ser aproveitada, utilizando-se alguma outra tecnologia.

O Brasil precisa realmente considerar uma grande gama de tecnologia de biomassa. O Brasil não está em posição de poder adquirir essa tecnologia de terceiros. Essa tecnologia deve ser de qualquer forma desenvolvida no Brasil.

Nos Estados Unidos os recursos não renováveis são inferiores a 10%. Então, para que ter o trabalho de desenvolver uma tecnologia caríssima para essa aplicação? O Brasil é que é o gigante e lhe cabe desenvolver essa tecnologia.

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

OITAVA SESSÃO, realizada às 10h30
do dia 10/8/77, no Auditório G do
Palácio das Convenções, Parque
Anhembi — SP.

**FLORESTA AMAZÔNICA NO
CONTEXTO ENERGÉTICO
BRASILEIRO**

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **GENERAL TÁCITO AVELAR
DE AQUINO**
SEMA

MODERADOR

— **EDUARDO MATARAZZO**
IRFM

CONFERENCISTA

— **CLARA PANDOLFO**
SUDAM

FLORESTA AMAZÔNICA NO CONTEXTO ENERGÉTICO BRASILEIRO

Clara Pandolfo

Sumário Summary

Relato de um estudo, objeto de Convênio celebrado entre a Sudam e o CTFT — Centre Technique Forestier Tropical, visando conhecer possibilidades de aproveitamento das madeiras amazônicas para geração de energia, principalmente com vistas a um programa de eletrificação rural, nas zonas onde estavam se implantando projetos agropecuários.

Basicamente, são descritos dois sistemas, o **Lambiotte**, cuja finalidade principal é a produção de carvão, sendo a energia elétrica um produto suplementar e o **Lacotte**, que dá prioridade à produção de energia elétrica tendo o carvão como produto secundário.

Após fazer uma análise crítica do estudo, em termos técnico-institucionais, a expositora esclarece o ponto de vista da SUDAM sobre a matéria, que somente admite a utilização de madeiras amazônicas, para fins de destilação seca ou carbonização, num procedimento integrado que vise ao aproveitamento da madeira derrubada, nas operações de limpeza do terreno, destinado a outros usos do solo, mas jamais admite o sacrifício da mata nativa com essa finalidade exclusiva.

Amazon Forest in the Brazilian Energy Context

Report of a study object of a convention run between Sudam and CTFT — Centre Technique Forestier Tropical, having in view the knowledge of utilization possibilities of Amazon woods for energy generation, especially aiming at a rural electrification, in areas where agricultural programs were being implanted.

Basically, two systems are described, the **Lambiotte**, which major purpose is coal production, electric energy being a supplemental product, and the **Lacotte** system, that gives priority to electric energy production with coal as secondary product.

After a critical analysis of the study on technical-institutional terms, the expositor explains SUDAM's point of view of the subject, which admits Amazon wood utilization only to dry, distillation, or carbonization ends, in an integrate proceeding that aims felled wood utilization on clearing operations of lands destined to other soil utilizations, but that never admits native wood sacrifice to this particular end.



Diplomada em Química, a Dra. Clara Pandolfo é ex-aluna e colaboradora do naturalista francês, prof. Paul Le Coite, com quem se especializou em Tecnologia de Recursos Naturais da Amazônia.

Professora fundadora da Escola Superior de Química da Universidade Federal do Pará, cuja direção exerceu por vários anos.

Química do Serviço Público Federal, desenvolveu atividades profissionais durante largos anos em vários órgãos federais e estaduais.

Na área de Planejamento e Desenvolvimento Regional atuou como Membro Técnico da Comissão de Planejamento da antiga SPVEA (atual SUDAM). Foi membro do Conselho Técnico da SUDAM e, presentemente, exerce o cargo de Diretora Geral do Departamento de Recursos Naturais da SUDAM.

Sobre Recursos Naturais da Amazônia tem vários trabalhos publicados, entre os quais se destaca "Estudos Básicos para o Estabelecimento de uma Política de Desenvolvimento dos Recursos Florestais e uso Racional de Terras na Amazônia", no qual são estudados os principais aspectos ligados ao desenvolvimento das atividades florestais e ao processo de ocupação da região amazônica.

FLORESTA AMAZÔNICA NO CONTEXTO ENERGÉTICO BRASILEIRO

Clara Pandolfo

Em 1968, como membro do Conselho Técnico da SUDAM, apresentei ao referido Conselho uma Proposição mencionando a DESTILAÇÃO SECA DE MADEIRAS como atividade industrial de interesse para a Amazônia e propondo a realização de estudos nesse sentido, com vistas ao aproveitamento da madeira derrubada em áreas florestais destinadas à formação de pastagens, nos locais de concentração de empreendimentos pastoris. Estávamos então nos primeiros anos de execução da política de incentivos fiscais para a pecuária, na Amazônia, e cresciam já as preocupações em relação a um destino útil a ser dado ao substancial volume de madeiras que vinha sendo queimado para limpeza do terreno.

Dessa minha Proposição decorreu a iniciativa de um Convênio que veio a ser celebrado entre a SUDAM e o CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL — CTFT, da França, em janeiro de 1971, cujos resultados foram recentemente publicados.

A indústria de destilação de madeiras foi intensivamente praticada, nas primeiras décadas do século atual, em vários países, como Estados Unidos, Canadá, Suécia (onde ainda hoje é indústria corrente), França, Alemanha, Inglaterra, entre outros. Essa indústria visava sobretudo obter os produtos voláteis condensáveis da fase média da destilação (ácidos pirolenhosos e alcatrão), capazes de fornecer, por sua vez, por refinação e beneficiamento, outros produtos de grande valor industrial, como ácido acético, metanol, acetona, acetato de cálcio, etc., usados pelas indústrias de plásticos, de vernizes e outras.

A partir de 1920, a destilação de madeiras entrou em declínio no quadro da indústria mundial em virtude do grande desenvolvimento alcançado pela petroquímica que permitiu a obtenção, a custos mais econômicos, dos produtos químicos até então fornecidos pela fração média da destilação de madeiras.

Todavia, para o estágio da Amazônia, àquela altura, a tecnologia de destilação de madeiras encontrava ampla indicação, considerando-se o grande valor energético de que são detentores os vegetais tropicais e as possibilidades de aproveitamento desse potencial, com o emprego dos gases combustíveis e do carvão, fornecidos num processo de destilação das madeiras desses vegetais, com vistas a um programa de eletrificação das zonas rurais onde se estavam implantando os projetos pecuários apoiados pela política de incentivos fiscais. E esse foi o objetivo do convênio que veio a ser celebra-

do entre a SUDAM e o CTFT da França.

Para dar execução aos trabalhos, o CTFT mandou à Amazônia o professor EDMOND UHART, Doutor em Ciências Econômicas, Chefe da Divisão de Economia Florestal daquele Centro e especialista no assunto.

1. A destilação de madeiras

Trata-se de uma operação relativamente simples.

Numa descrição esquemática, pode-se dizer que, em linhas gerais, o equipamento empregado assemelha-se ao usado em qualquer outra operação de destilação. Consta, em princípio, de grandes caldeiras, horizontais ou verticais, dotadas de tubulação de desprendimento de produtos gasosos e acoplada a condensadores onde circula água fria.

As retortas são montadas em série, dispostas em filas ou em círculos, alojadas em bases de alvenaria, com lugares independentes, onde o aquecimento se faz usando os gases ou o carvão provenientes de operações anteriores. São carregadas com a madeira cortada em fragmentos e previamente seca até 15-20% de umidade residual. Também são aproveitados, na operação, os refugos de serrarias, galhos e troncos finos ou defituosos.

O aquecimento das retortas é feito a princípio lentamente, para obter uma desidratação mais completa da madeira, antes que se inicie a destilação. Esta começa a 270-280°C. temperatura à qual começa a operar-se a decomposição da celulose e das outras substâncias que a acompanham. Neste momento, pode deter-se o aquecimento pois a reação é francamente exotérmica, gerando, ela mesma, o calor necessário ao prosseguimento da operação até o final, mais ou menos a 350°C., quando cessa o desprendimento gasoso. Há, assim, um consumo reduzido de combustível já que o calor gerado pela própria operação é suficiente para mantê-la.

Atingidos os 350°C., isto é, terminada a fase exotérmica, recomeça-se o aquecimento até atingir 500°C., temperatura que, de modo geral, é inútil superar pois marca a fase final do processo.

A operação dura de 10 a 15 horas, podendo ser contínua ou descontínua. Ao final da destilação, o carvão é rapidamente evacuado e logo novamente carregada a retorta para aproveitar, na nova operação, o calor acumulado nas instalações. O fluxo do material se regula de forma que cada forno seja carregado uma vez em cada 24 horas.

Na construção das instalações empregam-se materiais antiácidos resistentes à ação do ácido pirolenhoso, usando-se geralmente retortas de aço, condensadores e tubulações de cobre e tanques de cobre ou de madeira.

Os produtos gasosos desprendidos durante a destilação são encaminhados ao condensador, onde uma parte se condensa e deposita, recolhendo-se a parte não condensável, constituída por gases combustíveis, em "scrubbers" onde são lavados com água, ficando na retorta, como resíduo da destilação, o carvão vegetal.

2. Os produtos fornecidos pela destilação

Embora a análise elementar das diversas madeiras seja bastante uniforme, as madeiras duras e moles se diferenciam entre si não só quanto aos caracteres físico-mecânicos (densidade, estrutura celular, resistência às pressões, etc.), como também em relação à composição química (percentual de pentanos, de resinas, de sílica, etc.).

Normalmente, os produtos formados na destilação dependem estreitamente das frações destiladas, do tamanho dos fragmentos, variando os rendimentos com as condições da destilação, sobretudo no que concerne à velocidade de aquecimento e à temperatura final alcançada.

Distinguem-se na operação de destilação 3 fases distintas:

1) uma fase gasosa, constituída por gases combustíveis, não condensáveis;

2) uma fase líquida, obtida pela condensação de produtos voláteis e que se separa, por repouso, em duas camadas: uma camada inferior, formada por alcatrão bruto e uma camada superior aquosa, contendo uma mistura de produtos químicos, com predominância de ácido acético, dissolvidos em 80-85% de água, chamada genericamente de ácido pirolenhoso;

3) uma fase sólida, formada de carvão vegetal, que fica na retorta como resíduo da destilação.

Embora a proporção dos produtos provenientes da destilação seja variável, em virtude da diferença de composição entre as madeiras, os valores médios ficam, em geral, compreendidos entre os seguintes limites:

- 10 a 25% de gases combustíveis
- 40 a 45% de destilado aquoso pirolenhoso
- 5 a 7% de alcatrão (nas madeiras resinosas pode ir até 12%)
- 25 a 30% de carvão residual

Por sua vez, o pirolenhoso e o alcatrão, resultantes da fase média da destilação, podem ser objeto de uma nova destilação fracionada, para separar os diversos produtos químicos que podem fornecer, cujos valores médios estão entre os seguintes limites:

- 8 a 12% de ácido acético
- 2,5 a 4,0% de metanol
- 0,4 a 0,5% de acetona

além de outros produtos.

Todos os produtos obtidos na destilação seca de madeiras apresentam importância sob o ponto de vista tecnológico.

Admitindo que, após a retirada da madeira de valor comercial, o povoamento residual, nas áreas sujeitas a desmatamento, seja apenas de 100 m³ de madeira em pé, por hectare, teremos, a cada 10.000 hectares

desmatados, os valores constantes do Quadro I.

3. Possibilidades de utilização dos produtos da destilação

Uma das principais aplicações é a possibilidade de instalação de usinas de produção de energia elétrica, seja a partir dos gases combustíveis que constituem a primeira fração da destilação e que podem fornecer força motriz e energia elétrica, quando queimados em motores de explosão, seja utilizando o carvão vegetal residual no aquecimento de caldeiras a vapor para acionamento de geradores.

Outros usos, bastante variados, podem ter também os demais produtos originários da destilação, como pode ser observado no Quadro II.

4. Os métodos propostos

O professor UHART propôs, em seu relatório, dois sistemas de destilação de madeiras visando à produção simultânea de carvão e de energia elétrica, para aproveitamento, na Amazônia, da madeira derrubada nas áreas florestais destinadas à formação de pastagens artificiais.

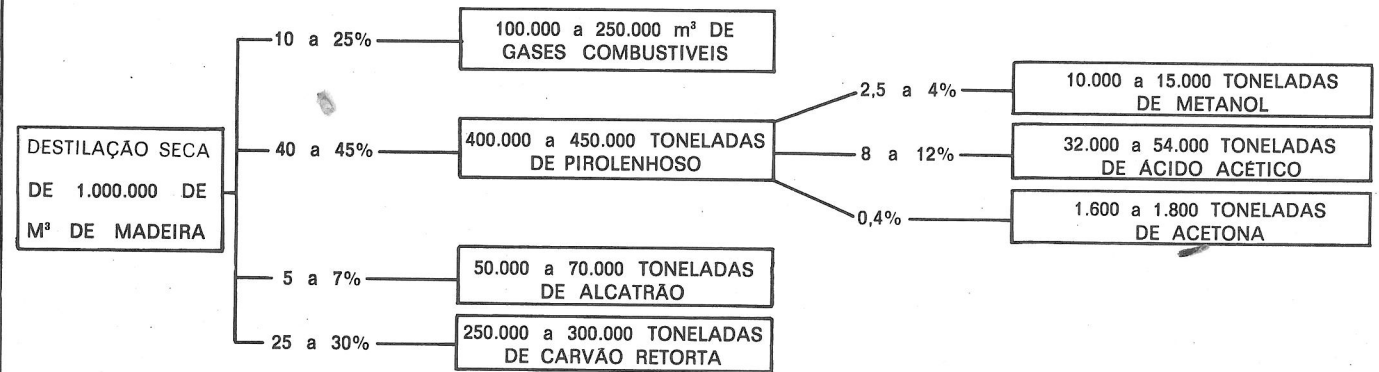
O primeiro método é o sistema LAMBIOTTE, que já funciona industrialmente, com sucesso, há mais de 20 anos, em vários países.

O segundo é o sistema LACOTTE, desenvolvido há poucos anos na França e que, em 1972, por ocasião da elaboração do relatório do professor UHART, ainda se achava em fase experimental.

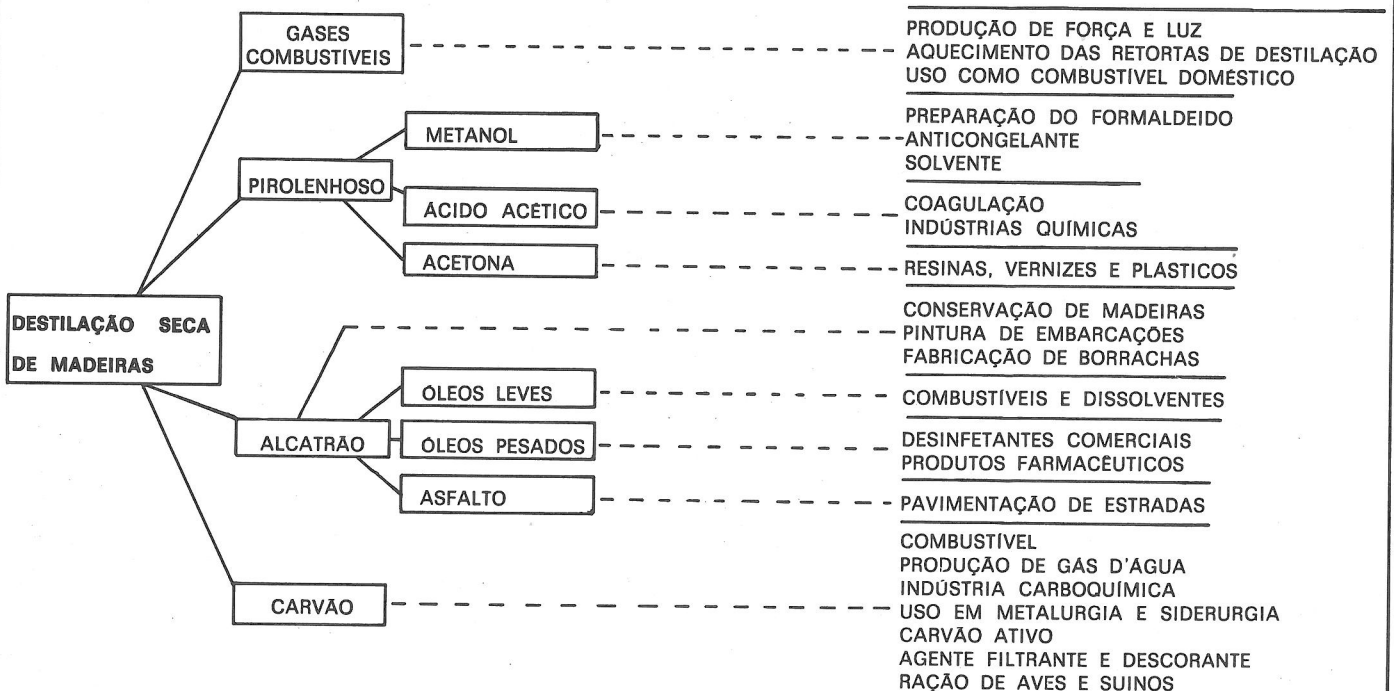
Vamos nos referir muito sucintamente aos dois sistemas considerando que o rela-

QUADRO I
QUADRO DEMONSTRATIVO DOS PRODUTOS FORNECIDOS PELA DESTILAÇÃO SECA DAS MADEIRAS

POVOAMENTO RESIDUAL 100 m³/Ha
EM 10.000 HECTARES 1.000.000 m³ de madeira



QUADRO II



tório do Prof. UHART, contendo abundância de detalhes, foi publicado pela SUDAM e amplamente divulgado.

4.1. Sistema LAMBIOTTE

Usa um forno contínuo — o forno SIFIC — cujo princípio de funcionamento é a circulação, em contra-corrente, da madeira, de um lado e dos gases, arrefecidos ou reaquecidos, de outro.

Os gases promovem o aquecimento de uma caldeira cujo vapor aciona uma turbina e um alternador para a produção de energia elétrica.

A alimentação do forno exige 200 toneladas diárias de madeira seca ao ar livre (20% de umidade), correspondendo a 250 metros cúbicos de madeira em pé, volume que, na Amazônia, poderá ser fornecido pelo corte raso de 1 hectare, ou, para maior margem de segurança, de 1,5 hectare. Produz 50 ton/dia de carvão e, suplementarmente, 13.500 kwh/dia de energia, além da que é utilizada nas instalações. Uma maior quantidade de energia poderá ser obtida, a partir da queima do alcatrão em queimadores especiais, quantidade que pode chegar a 9.200 kwh por dia. Assim, a produção diária de energia elétrica pode variar de 13.500 a 22.700 kwh/dia, segundo se usam apenas os gases da destilação ou, juntamente com estes, se queime também o alcatrão. Além do carvão e da eletricidade, são fornecidos ainda, como produtos acessórios, o alcatrão e o pirolenhoso.

Os rendimentos obtidos dependem muito da madeira utilizada e do seu grau de umidade.

A manutenção do forno é insignificante pois as chapas de aço inoxidável não sofrem desgaste à temperatura média de 500°C., na zona de aquecimento, e o aço inoxidável resiste perfeitamente na zona de vapores.

4.2. Sistema LACOTTE

Baseia-se em um princípio diferente.

Usa um gasogênio onde se opera a gasificação da madeira com a produção de uma mistura de gases detonante (hidrogênio, monóxido e bióxido de carbono), que são queimados num motor Diesel, com o emprego de uma pequena quantidade de gás-óleo.

Contrariamente ao sistema LAMBIOTTE, que tem como finalidade principal a produção de carvão sendo e energia elétrica um produto suplementar, o sistema LACOTTE dá prioridade à produção de energia elétrica tendo o carvão como produto suplementar. Neste sistema não são recuperados o pirolenhoso nem o alcatrão.

Em 1972, o sistema estava ainda em fase experimental.

Uma Central de LACOTTE de 4.000 kw gasta 106 t/dia de madeira, o que corresponde ao gasto de 50.000 t/ano de madeira seca ao ar, aproximadamente. O motor funciona com uma mistura de 15 a 18% de gás-óleo e o restante de gases de madeira. Produz diariamente 96.000 kwh e 14,4 toneladas de carvão, o que corresponde a 4.000 x 24 x 360 = 34.560 kwh/ano e 5.220 t/ano de carvão. O consumo de gás-óleo é de 700 t/ano.

A potência de 4.000 kw é o mínimo julgado rentável na França para fornecimento de energia a preços competitivos. O rendimento pode ser aumentado com o aumento da capacidade ou do número de gasogênios e motores.

Os dois sistemas de produção de ener-

gia elétrica e carvão têm suas características resumidas no Quadro III.

Como se verifica, os investimentos e reservas florestais necessárias são mais elevados no sistema LAMBIOTTE mas o forno SIFIC tem funcionamento garantido por mais de 20 anos de utilização industrial ao passo que a Central de LACOTTE ainda é de experimentação recente.

O prof. UHART, durante sua permanência de 45 dias na Amazônia, visitou os municípios paraenses de Conceição do Araguaia, Santana do Araguaia e Paragominas, que são hoje grandes centros pastoris, e coletou amostras de madeiras para testes.

Levando em consideração as áreas destinadas à formação de pastagens, nos projetos pecuários aprovados pela SUDAM naqueles três municípios; a distância máxima de transporte econômico da energia; os mercados existentes para o carvão siderúrgico; as necessidades das populações dessas comunidades e das indústrias que poderiam surgir nessas zonas rurais, em decorrência da oferta da energia elétrica gerada e dos produtos locais fornecidos, o prof. UHART fez uma tentativa de distribuir geograficamente as usinas pelos municípios visitados e estabelecer suas localizações. Os critérios usados para estabelecer as localizações foram, para cada município, o número de habitantes, as prováveis necessidades em energia dessas

comunidades e as possibilidades de escoamento do carvão produzido, principalmente por via fluvial. Os resultados estão expressos no Quadro IV.

O prof. UHART previu a possibilidade de implantação de 26 fornos SIFIC e 52 Centrais de LACOTTE.

Atualmente, cresceu muito a população desses municípios e o número de projetos pecuários em implantação, como se pode ver pelo mesmo Quadro IV.

A instalação de usinas de destilação de madeiras contribuiria substancialmente para a melhoria de vida dessas populações, proporcionando-lhes conforto e propiciando o desenvolvimento de indústrias locais. De modo geral, nessas zonas são usadas termelétricas à base de derivados de petróleo. Com a crise atual, essas usinas terão custo operacional proibitivo.

No caso da utilização da madeira, teríamos usinas funcionando à base de um combustível existente em abundância no local, obtido a baixo custo (já que as despesas com a derrubada correm à conta do proprietário da fazenda) e com todas as condições para suprir satisfatoriamente as necessidades de abastecimento.

Com a produção de energia elétrica a baixo custo será possível desenvolver, nessas zonas rurais, indústrias florestais (serrarias e fábricas de laminados, compensados e

QUADRO III
QUADRO COMPARATIVO DOS SISTEMAS LAMBIOTTE E LACOTTE

	Forno SIFIC	Central LACOTTE
Investimento (em Cr\$ de 1972)	30 milhões	11,1 milhões
Duração do funcionamento	20 anos	20 anos
Produção teórica por ano:		
Carvão em toneladas	18.000	5.000
Energia/Kwh	4.860.000	34.560.000
Preço do carvão/t (1972)	Cr\$ 120	Cr\$ 100
Preço do Kwh	Cr\$ 0,3776 a 0,7369	Cr\$ 0,0677 a 0,0973
Res. Florestais necessárias	12.000 ha	6.000 ha

CONSUMO E PRODUÇÃO DIÁRIA NOS DOIS SISTEMAS

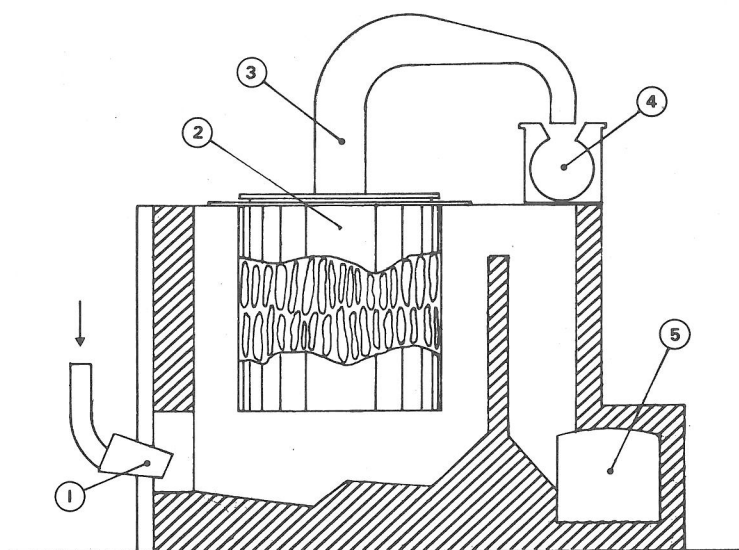
	consumo de madeiras (t)	Carvão (t)	Energia (Kwh)
Forno SIFIC	200	50	13.500
Central LACOTTE	106 (x)	14,4	96.000

(x) Mais consumo adicional de 2 t. de gás-óleo

QUADRO IV
ÁREAS FLORESTAIS DISPONÍVEIS PROJETADAS PARA PASTOS (em hectares)
N.º DE HABITANTES NOS MUNICÍPIOS PARAENSES VISITADOS E
N.º DE USINAS PLANEJADAS

Município	Áreas p/ pastos	N.º Hab.	1972	
			N.º fornos SIFIC	N.º centrais LACOTTE
Conceição do Araguaia	53.199	28.500	9	18
Santana do Araguaia	50.450	10.000	10	20
Paragominas	51.479	10.000	7	14
1977				
Município	Áreas p/ pastos	N.º habitantes		
Conceição do Araguaia	173.598	70.179		
Santana do Araguaia	292.398	22.706		
Paragominas	154.812	23.057		

DESTILAÇÃO DE MADEIRA



- 1 COMBUSTOR DE GAS
2 RETORTA
3 TUBO DE DESPRENDIMENTO DE GASES E VAPORES
4 COLETOR DO DESTILADO LIQUIDO
5 SAÍDA DOS GASES COMBUSTÍVEIS

As amostras foram testadas em ensaios individuais e também em mistura.

Preliminarmente, foram descascadas e, a seguir, aquecidas a 120-130°C, temperatura que foi mantida durante 12 horas para completa secagem da madeira. A seguir, a temperatura foi elevada até 500°C.

Os rendimentos obtidos na destilação das 20 madeiras em mistura constam do Quadro VI.

QUADRO VI RENDIMENTOS OBTIDOS A PARTIR DA MISTURA DAS 20 MADEIRAS CARBONIZADAS A 500°C.

Rendimento em carvão vegetal	33,7%
Pirolenhoso	48,8%
sendo: água de pirólise	26,6%
matérias orgânicas	22,2%
Gases não condensáveis	17,7%
TOTAL	100,0%

O Relatório consigna que esses resultados são bastante semelhantes aos obtidos com as madeiras de regiões temperadas.

Os poderes caloríficos médios estão mencionados no Quadro VII, os quais foram considerados, pelo prof. UHART, como bastante satisfatórios.

QUADRO VII PODERES CALORÍFICOS MÉDIOS (a partir das 20 madeiras testadas)

Madeira	4.730 cal/g
Carvão vegetal	7.910 a 8.150 cal/g
Gases não condensáveis	1.740 kcal/m ³

No que concerne às qualidades físicas e mecânicas, os testes revelaram tratar-se de carvões de qualidade média, não correspondendo às necessidades de um carvão siderúrgico, a menos que sejam submetidos a processos especiais de aglutinação.

Todavia, o Relatório assinala que as conclusões dos ensaios são apenas indicativas e melhores resultados poderão ser conseguidos se forem estudados outros métodos de conduzir a carbonização.

Até aqui referi-me especificamente às

aglomerados) e outras indústrias à base dos produtos de fornecimento local, tais como usinas de pasteurização de leite, conservas de carne (ou congelação) e de frutos, curtumes, etc.

A produção de energia elétrica a partir da madeira permitirá economizar gastos com petróleo e criará novas oportunidades de emprego para a mão-de-obra local.

O cálculo dos custos de investimentos, pelo prof. UHART, para os dois sistemas, englobou despesas com a importação, do exterior, do equipamento, com as embalagens marítimas, despesas de frete, implementação das usinas e formação de pessoal.

Todavia, uma grande parte, senão a totalidade, do equipamento poderá ser de construção nacional, daí resultando investimentos menores.

6. Madeiras testadas e resultados obtidos

Amostras de vinte (20) essências amazônicas foram coletadas, pelo prof UHART, nos municípios paraenses de Conceição do Araguaia, Santana do Araguaia e Paragominas e remetidas para os laboratórios do C.T.F.T., na França, onde foram submetidas a testes para determinar as possibilidades de utilização no fabrico de carvão siderúrgico e na produção energética. Os trabalhos foram realizados durante o primeiro semestre de 1972, abrangendo os seguintes objetivos:

- remessa ao CTFT de amostras de 20 madeiras amazônicas;
- ensaios de carbonização das mesmas (20 ensaios);
- estudo dos produtos da destilação, compreendendo:
 - análise dos produtos voláteis não condensáveis e respectivos poderes caloríficos;
 - análise dos produtos voláteis condensáveis;

— poder calorífico e propriedades físicas dos carvões obtidos.

As madeiras coletadas para os ensaios de carbonização estão relacionadas no Quadro V.

Uma falha que pode ser apontada no trabalho realizado reside no fato de que muitas das madeiras testadas apresentam valor comercial quando o interesse seria testar as madeiras sem utilização mais nobre, que compõem o vasto povoamento residual não comercializável e que, por isso, são habitualmente queimadas, na limpeza do terreno para a formação de pastagens.

QUADRO V

I) Florestas de Conceição do Araguaia e Santana do Araguaia

Nome vernacular	Nome científico	Família botânica
Sucupira da mata	Melanoxylon	Leguminosae
Aroeira	Astronium Fraxinifolium	Anacardiaceae
Pau Brasil	Brosimum	Moraceae
Jatobá	Hymenaea Courbaril	Leguminosae
Landim	Calophyllum Brasiliense	Gutiferae
Moreira	Chlorophora Tinctoria	Moraceae
Pau D'Arco	Tabebuia Serratifolia	Bignoniaceae
Amesca Aroeira	Protium	Burseraceae
Gonçalo Alves	Astronium	Anacardiaceae
Garapiá	Apuleia Praecox Mart.	Leguminosae

II) Floresta de Paragominas

Guajará-Mirim	Pouteria	Sapotaceae
Guajará-Bolacha	Sideroxylon	Sapotaceae
Murta Vermelha	Licania	Rosaceae
Ripero	Eschweilera spp.	Lecitidaceae
Amesca	Tetragastris	Burseraceae
Louro-Canela	Tetragastris	Lauraceae
Maçaranduba	Manilkara Huberi	Sapotaceae
Cavalo-Melado	Macrobium Bifolium	Leguminosae
Sapucaia	Lecythis	Lecitidaceae
Jutaí	Amanoa	Euforbiaceae

possibilidades de implantação da indústria de destilação seca com vistas ao fornecimento dos subprodutos importantes que poderão ser obtidos a partir do aproveitamento de madeiras amazônicas.

Vale agora comentar a filosofia e a política esposadas pela SUDAM no que concerne às diretrizes adotadas em relação à referida indústria.

A SUDAM admite a utilização de madeiras amazônicas, para fins de destilação seca ou carbonização, num procedimento integrado que vise ao aproveitamento da madeira derrubada, nas operações de limpeza do terreno destinado a outros usos do solo, mas jamais poderá admitir o sacrifício da mata nativa com essa exclusiva finalidade.

A floresta amazônica, não obstante a sua heterogeneidade, sempre invocada como entrave a uma exploração econômica, representa um potencial valioso que deve ser destinado a fins mais nobres que a simples utilização como combustível.

O Brasil precisa adquirir consciência do gigantesco potencial econômico representado pela floresta amazônica que tende a tornar-se, em futuro próximo, a fonte praticamente exclusiva de madeiras tropicais para o mercado internacional.

A participação das madeiras tropicais no comércio internacional representa atualmente

cerca de 40% do total transacionado, com evidentes tendências para a elevação desse percentual.

A "INFORMAÇÃO FLORESTAL LATINO-AMERICANA" da FAO, em seu número 3, de abril/77, inclui uma Nota sobre a conclusão a que chegou o Chefe da Seção de Mercado de Produtos Florestais, de que as madeiras tropicais e seus produtos desempenham um papel de crescente importância nos mercados, comprovando-se essa afirmativa pelo volume monetário correspondente às exportações, que atingiram, em 1976, a 3.500 milhões de dólares.

Para a produção mundial de madeiras tropicais, três grandes fontes podem ser apontadas: o oeste africano, o sudeste asiático e a América Latina tropical. As duas primeiras detêm a primazia de grandes e tradicionais fornecedores mas suas reservas estão próximas do esgotamento.

Atualmente, a produção da América Latina é muito pequena, em relação ao potencial existente. Todavia, na América Latina estão as florestas da Amazônia — em sua maior extensão localizadas no Brasil — que sobressaem como as grandes reservas onde, nos próximos decênios, a demanda mundial deverá abastecer-se.

E, nas circunstâncias atuais, essa demanda tenderá a crescer em ritmo ainda mais

acentuado, em face da crise mundial de escassez de petróleo que forçará o abandono de vários produtos sintéticos competitivos, com a volta ao uso da madeira como matéria-prima de emprego universal.

O avanço atingido pela ciência florestal moderna permite hoje explorar as florestas tropicais heterogêneas, com resultados econômicos. Precisamos apenas introduzir as técnicas adequadas — ainda pouco difundidas no Brasil — que possibilitam melhorar a composição florística e tornar a mata gradualmente mais homogênea, com a predominância progressiva das espécies de maior valor industrial. Com isso, será possível garantir a perpetuidade desses recursos, através de uma exploração racional e organizada. Os estudos visando a preparar a Amazônia Brasileira para desempenhar, a breve prazo, o papel que lhe está destinado de tornar-se, no futuro, o grande celeiro mundial de madeiras tropicais, já estão suficientemente desenvolvidos para permitir iniciar sua implementação.

A SUDAM tem se detido exaustivamente nesses estudos e aprofundou-os a um ponto que lhe permitiu a proposição de uma política florestal julgada adequada aos interesses regionais e de um programa de execução dessa política, com vistas ao desenvolvimento do setor madeireiro, na Amazônia.

DEBATES

EDUARDO MATARAZZO — A primeira pergunta é do Sr. Willi Schmidt:

Existe alguma pesquisa sobre a destilação do estipe do açaí para a produção de gases combustíveis e outros produtos, inclusive o carvão? Em caso afirmativo, há dados disponíveis sobre rendimentos?

CLARA PANDOLFO — Não. Não existem dados sobre a destilação do Açaí. A primeira tentativa de um estudo sobre a destilação de madeiras foi feita com as amostras coletadas nos três municípios paraenses, que eu citei. Esses estudos foram realizados no Centro Florestal Tropical da França e apenas num trabalho ainda de primeiro reconhecimento. Naquela ocasião, os estudos não tiveram prosseguimento, porque, como eu citei, os preços do petróleo permitiam condições muito melhores e não havia condições competitivas. O que se deve fazer, no momento, é retomar agora esses estudos e ter, enfim, uma definição sobre a possível viabilidade econômica do processo.

EDUARDO MATARAZZO — Pergunta do Sr. Roberto M. Alvarenga, da SBS:

1. Os prazos de implantação dos projetos agropecuários não invalidam o aproveitamento da madeira por destilação, dada a demora deste processo?
2. O encargo do aproveitamento da madeira nos projetos agropecuários não deveria ser atribuído a uma empresa estranha, dado o fato de que os detentores dos projetos não dispõem de know-how e de disposição para essa diversificação de atividade?

CLARA PANDOLFO — Em relação à primeira pergunta, eu diria que não, tendo em vista o grande número de projetos, que se condensam, que se concentram em alguns municípios. Então, nós temos um cronograma de atividades anuais, que nos dá uma área de formação de pastagens, que acredito seria bastante superior às necessidades de suprimento de uma indústria de destilação de madeiras, que viesse a se implantar.

Quanto à segunda, acho que é uma sobrecarga muito grande, que se dá ao empresário, onerá-lo com atividades de certo modo estranhas aos seus projetos. Não vejo com bons olhos a figura do madeireiro **double** de reflorestador, que é aquele empresário madeireiro, que se vê obrigado a fazer todo o projeto de reposição, como também não vejo com bons olhos a figura do pecuarista **double** de madeireiro, que é o pecuarista que precisa diversificar suas atividades para se encarregar do progresso do aproveitamento da madeira, embora esse aproveitamento deva ser feito. Mas eu concordo com o Dr. Alvarenga em que esse encargo não deve ser dado ao empresário. Há necessidade de que exista um órgão de comando do processo, e o Dr. Alvarenga, que tem frequente contato conosco, sabe que vimos batalhando por isso. Acreditamos que o problema florestal da Amazônia é de tal modo diferente, que ele exige um tratamento diferente daquele que se dá ao problema florestal dos demais centros do país. Primeiro, porque na Amazônia existe uma floresta que ocupa 260 milhões de hectares. Nos outros centros do país existem remanescentes do que foram as florestas do passado. Então, o processo dos demais centros é replantar o que se destruiu e o processo da Amazônia é conservar o que existe. Essa observação não vem sendo feita, porque existe apenas um órgão, para o Brasil, de 8,5 milhões de km². Exigiria, realmente, uma estrutura gigantesca, para que um órgão, voltado para os graves problemas dos

outros centros do Brasil, também pudesse se desdobrar com o empenho necessário para olhar o problema da Amazônia.

Nós, então, defendemos a idéia da necessidade de um órgão voltado exclusivamente para o problema florestal da Amazônia, um órgão que tivesse suficiente base e apoio técnico para introduzir na Amazônia as técnicas de conservação da floresta. Nós não precisamos fazer o plantio artificial, na base das quatro mudas por de regeneração natural conduzida para a Amazônia, técnicas que são próprias para o trato de florestas tropicais heterogêneas, trato que permite, gradualmente, dar uma certa homogeneidade às florestas amazônicas, através de métodos, que protejam, que conservem, que multipliquem as espécies de maior interesse, sem quebrem a preservação ecológica.

Essas técnicas têm sido testadas na Amazônia, mas em escalas inexpressivas e nunca puderam ser transferidas aos usuários de madeiras, porque, como eu disse, é muito difícil um madeireiro se transformar em silvicultor.

A pesquisa florestal, que precisamos, na Amazônia, é uma pesquisa em escala industrial, uma pesquisa que siga paralelamente aos projetos econômicos, que atue nesses próprios projetos, e isso deverá ser feito, evidentemente, através de um órgão próprio.

EDUARDO MATARAZZO — Pergunta do Sr. Jaime Mascarenhas Sobrinho, da Flonibra:

Como vê V.Sa. a substituição da mata natural por mata homogênea artificial, como por exemplo realiza a JARI?

CLARA PANDOLFO — O nosso interesse precipuo não é substituir a mata nativa por plantação homogênea. As monoculturas poderão ser conduzidas em alguns pontos. Considero o Projeto JARI, nesse ponto, de

um interesse extraordinário para a região, não pelo que ele vai produzir, de 1 500 toneladas/dia de celulose, é o aspecto econômico, que realmente tem o seu valor, mas sobretudo pela resposta silvicultural, que o Projeto Jari vai fornecer. Pela primeira vez, nós vamos saber como se comporta o meio amazônico face a uma mudança da sua vestimenta florestal.

Tudo o que se discute, o que se fala, até agora, se baseia em elocubrações teóricas. Dizer que o meio vai sentir esta ou aquela alteração é puramente teórico. Só o Projeto Jari vai nos responder de modo categórico como se tem o resultado de um plantio homogêneo, dentro das condições ecológicas da Amazônia.

Esse é o primeiro projeto em escala industrial de um povoamento homogêneo e tem um suporte admirável de pesquisa técnica e o apoio imenso do IRI, que é um instituto de renome internacional, que acompanha a implantação do projeto.

Ele vem seguindo normas tanto quanto possível de atendimento às condições ecológicas. De modo geral, os talhões não são contínuos. Eles deixam, entre si, faixas de mata nativa, que de certo modo preservam as condições do meio, e vai, então, como eu disse, nos dar uma resposta.

É possível, e até provável, que o meio se adapte a esse povoamento homogêneo, porque de modo geral, os ecossistemas das regiões quentes e úmidas são aqueles que melhor se adaptam às alterações trazidas pelo homem. Então, é possível que o meio amazônico aceite essa intromissão de um povoamento homogêneo, de uma espécie exótica e as reações não sejam de certo modo prejudiciais. Mas isso só deverá ser feito em escala mínima, para atender projetos econômicos absolutamente necessários ao desenvolvimento da região.

O Projeto JARI representa o aproveitamento de 200 mil hectares e isto, dentro dos 260 milhões de hectares da área amazônica, representa 0,8%, estes 0,8%, nos darão a possibilidade de produção de 1 500 toneladas/dia de celulose.

Se o meio aceitar e se adaptar, nós poderemos permitir que, digamos, outros dez projetos semelhantes se implantem em diferentes áreas, o que representaria apenas 0,8% de substituição, mas jamais pensar em substituir a mata nativa da Amazônia, que como já disse é a última grande reserva do mundo de madeiras tropicais, de espécies valiosíssimas, isso para falar apenas em madeira, sem considerar aquelas espécies, que existem na floresta para múltiplos usos, espécies fornecedoras de gomas, espécies tintoriais, medicinais, que sequer foram estudadas, que poderão representar, no futuro, talvez, grandes fontes econômicas.

Então, realmente, nós não temos nenhum interesse em substituir, em grandes extensões, a mata nativa por povoamentos homogêneos.

Poderemos permitir extração em alguns pontos com base em projetos que realmente tenham forte repercussão sobre o desenvolvimento econômico.

EDUARDO MATARAZZO — Outra pergunta formulada é a seguinte:

Como uma empresa interessada pode conseguir tecnologia para uma exploração racional da floresta amazônica?

CLARA PANDOLFO — O Programa de Desenvolvimento do setor madeireiro que foi proposto pela SUDAM, com base em uma po-

lítica florestal que julgamos adequada aos interesses da área, se assenta na necessidade da modificação de três condições que atualmente imperam na Região Amazônica.

A primeira é a necessidade de reformular, modificar e modernizar os métodos de extração.

Hoje, observa-se na Amazônia uma desconexão completa entre a atividade florestal propriamente dita e a atividade industrial. Temos, na Região, instaladas indústrias madeireiras da mais alta tecnologia, indústrias que realmente dispõem de equipamentos sofisticados, mas que se suprem como? Da madeira extraída pelo extrator madeireiro no interior da Amazônia pelos métodos mais empíricos e de maior desperdício que se pode cogitar.

Então, a indústria tem que integrar-se ao processo produtivo. Ela tem que ser responsável desde o abate da árvore na floresta até a saída do produto acabado na indústria. Ela não pode continuar a se suprir desta madeira retirada do interior da Amazônia, abatida pelo machado, transportada nas condições mais precárias e chegando à indústria, empenada, rachada, cheia de fungos, comida por insetos, enfim, sem condições de qualidade e condições as mais precárias.

Hoje, já existe uma concorrência imensa entre as indústrias da Amazônia pelo suprimento que está faltando. Por que? Porque o extrator madeireiro que usa o machado não é capaz de suprir as necessidades das indústrias que, dia a dia, se estão implantando, porque há uma corrida para a Amazônia. Há indústrias do sul do País, há indústrias estrangeiras que estão se implantando na Amazônia, comprando madeira de terceiros. Então, o que acontece?

Esse extrator está procurando, realmente, quem pode comprar melhor a madeira e esse suprimento de uma indústria é em detrimento do suprimento da outra.

Então, o primeiro ponto é introduzir as práticas de extração mecanizadas que permitem um rendimento maior e um menor desperdício.

A segunda parte que temos que considerar é a necessidade de recompor a mata, após a exploração. Isto não está sendo feito. Há uma exigência do art. 20, do Código Florestal, que não está sendo cumprida e nem mesmo haveria condições por parte do empresário, por melhores intenções que ele tenha, de introduzir, só ele, isoladamente aquelas técnicas de regeneração natural, aquelas técnicas apropriadas ao trato das florestas heterogêneas, que são muito pouco difundidas no Brasil, que tem uma experiência embrionária na Amazônia. Realmente não estaria ao alcance do empresário importar talvez tecnologia para adequá-la e desenvolver tecnologia própria, porque isto redundaria no emprego de recursos financeiros bastante elevados.

Finalmente, o terceiro ponto para disciplinar as atividades seria a necessidade de se confinarem, em áreas restritas, as atividades que hoje se dispersam por uma área de mais de 5 milhões de km².

Isto impede que se tenha um controle de produção de matéria prima na fonte e que se faça uma fiscalização eficiente dessas atividades e a recomposição da área nas matas exploradas.

Então, se conseguirmos confinar essas atividades em áreas relativamente restritas, que chamamos — damos na SUDAM o nome especial de uma figura que esperamos que um dia seja criado por dispositivo legal — a Floresta Regional de Rendimento.

Naquelas áreas de grandes maciços flo-

restais, ricos e valiosos, servidos por vias de escoamento fluvial que permitem um transporte muito mais barato do que o rodoviário, enfim, com uma série de critérios técnicos e econômicos, concentrar nessas áreas as grandes indústrias de exploração madeireira para que o governo possa ter realmente o comando do processo florestal.

E, como exercer esse comando?

Sendo essas áreas de propriedade do governo e arrendadas a empresas particulares, com isto o governo cria o único caminho de poder comandar o processo e a empresa se vê livre daqueles gastos de investimentos cada vez maiores na compra de terras, terras que estão em situação irregular, situação fundiária difícil de regularizar a curto prazo e que realmente nos proporcionariam a possibilidade de um entendimento altamente desejável, governo-empresa. O governo, como proprietário da floresta, dando as normas para exploração dessa floresta e fiscalizando o exercício dessas normas e disposições; e o empresário, por sua vez, recebendo essa área, por arrendamento e se sujeitando à execução desse projeto nas condições em que se julgar que é necessário ao desenvolvimento da região.

EDUARDO MATARAZZO — Pergunta formulada pelo Sr. Juares Rebelo da Silva, de S.A. I.R.F. Matarazzo:

Na destilação da madeira pelo processo SIFIC foi mencionado a necessidade de uma reserva florestal de 12.000 ha.

Pergunto:

- qual o rendimento de madeira por ha para a referida floresta?
- qual a densidade da madeira utilizada?

CLARA PANDOLFO — Realmente mostrei que seria necessária uma reserva florestal de 12.000 ha, o que não significa, e fiz questão de enfatizar — que não iríamos destinar uma reserva florestal para esse fim. Seria o consumo da madeira forçosamente derrubada na execução de outros projetos correspondendo à madeira existente em 12.000 ha.

De modo geral, os valores médios na Amazônia são de 200 metros cúbicos por ha. Acho que respondi o primeiro item.

De modo geral, os valores médios de madeira, em pés, representam um volume de 200 a 250 metros cúbicos por ha, para a Amazônia. Retirada a madeira de valor comercial, para que se possa ter uma margem de segurança, parti da premissa de que ficariam 100 metros cúbicos, de um povoamento atualmente sem utilização para qualquer fim.

O Professor E. Uhart situou as madeiras de 0,6 a 0,7, mas, como ele próprio disse, foi apenas um trabalho indicativo, que necessitaria ter um aprofundamento maior. Nas madeiras que ele coletou, foram incluídas madeiras que de maneira nenhuma deveriam servir a um processo de destilação, porque são de valor comercial muito grande.

EDUARDO MATARAZZO — Pergunta de Geraldo Braga, da Uniplan:

No Brasil ainda se queima muita "madeira de lei". Estão funcionando na Amazônia os "currais madeireiros", conforme proposta da SBS? Há estudo sobre manejo auto-sustentado?

CLARA PANDOLFO — Quanto aos currais madeireiros, ao que parece, seriam lo-

cais onde as madeiras seriam estocadas, em condições que permitissem a sua utilização. Evidentemente, não. Os empresários pecuaristas **doblé** de madeireiros não estão fazendo isso e eu lhes dou razão, porque seria realmente uma diversificação muito grande das suas atividades.

Propusemos um estudo de desenvolvimento do setor madeireiro da Amazônia e o órgão proposto para comandar o processo, entre outras atribuições tinha a de instalar o que chamamos de entrepostos de beneficiamento, que seria o gás estocado em lugares estrategicamente, em pontos de convergência da madeira, onde aí pudesse ela sofrer um beneficiamento, métodos preservativos, secagem, estufas e outros processos de que se tornassem necessários.

Daí eu não saber se isso corresponde a esses currais madeireiros. Se é isto, seria então uma das atribuições dadas a esse órgão, que propusemos que seja de caráter empresarial, porque só um órgão nessas condições teria flexibilidade suficiente para se manter com um corpo de especialistas dentro de cada um daqueles campos de atuação necessários, que precisam ser definidos para melhor utilização da madeira.

Quanto à existência de estudos sobre manejo auto-sustentado, devemos dizer que existem experiências em doses homeopáticas, inexpressivas em relação à amplitude da área. Mas é muito difícil transferir experiência do usuário da madeira. É portanto necessária, ainda aí, a presença de um órgão governamental, que chame a si, em escala maior, a condução dessas pesquisas, usando os recursos financeiros das empresas, que têm obrigatoriedade da reprodução. Aí, em vez de o empresário ser silvicultor, ele entraria com recursos para que o órgão especializado pudesse desenvolver, em escala compatível com o ritmo da produção madeireira na região, graças à experiência da introdução de novas técnicas em manejo.

EDUARDO MATARAZZO — Pergunta do Sr. Laerte Setúbal Filho:

Como conciliar o conceito da autorização da queima pura e simplesmente para projetos agropecuária em 50% da floresta com o emitido na conferência, de que "a madeira da Amazônia merece um destino mais nobre"?

CLARA PANDOLFO — Eu gostaria de dar aqui uma explicação suplementar. É bom que se desfaça um equívoco. E um equívoco quando se diz: A Sudam está autorizando e aprovando projetos pecuários que estão destruindo a floresta amazônica. O II Plano de Desenvolvimento da Amazônia, que é um capítulo do II PND, procurou estabelecer um zoneamento para as atividades ligadas ao uso da terra, requisito que é absolutamente indispensável para a Amazônia, para que essas atividades realmente se compatibilizem entre si. Nesse zoneamento a Sudam estabeleceu o que ela chamou de Programa Para a Pecuária.

Mas a verdade é esta: A faixa-programa que a Sudam destinou a empreendimentos agropecuários é a faixa que se estende da parte oriental do Estado do Pará até o Alto Tocantins em Goiás e para o norte de Mato Grosso. Faz, portanto, um semi-círculo. Apenas a porção setentrional dessa faixa incluída no Estado do Pará pegou uma parte da floresta amazônica, hiléia amazônica propriamente dita. O respeito da faixa representa o que nós chamamos a marca de transição.

A hiléia amazônica típica apresenta dois tipos: a Floresta do Aluvião, que é chamada de várzea, marginal ao curso dos rios, e a chamada Floresta de Terra Firme, que fica numa parte superior ao nível das enchentes, daí a expressão que ela recebe. Esta é realmente a hiléia amazônica propriamente dita.

Mas nós temos também na Amazônia o que chamamos as Florestas de Transição, as formações semi-úmidas. São essas formações semi-úmidas que nós encontramos na periferia da hiléia, tanto na sua parte norte como subindo para a parte das Guianas e também na parte do sul do Amazonas, continuando com os Estados de Goiás e Mato Grosso.

A Amazônia geográfica não compreende a parte oeste do Maranhão, a parte leste de Goiás e a parte leste do Mato Grosso. A Amazônia realmente típica está situada na Amazônia Geográfica. Esta faixa de formações florestais semi-úmidas se distingue da formação florestal propriamente dita, porque tem outra vegetação, com árvores de menor porte, de menor diâmetro, etc. Isso forma a franja, a periferia, a transição da hiléia amazônica para outras formações vegetais.

A localização dos projetos pecuários da Sudam têm uma distribuição especial: uma parte desses projetos correspondente à parte oriental do Estado do Pará, realmente está na floresta amazônica. No Município de Pará de Minas essa floresta é tipicamente amazônica. Ela é tão exuberante que foi selecionada na década de 40 para ser uma reserva florestal que ficasse como amostra da grande exuberância da floresta amazônica. Essa exuberância levou erroneamente à suposição de que as terras seriam excepcionalmente férteis e com isso a pecuária avançou. Pará de Minas não tem mais a floresta que tinha; está transformada num grande centro pecuário e isso é um processo irreversível, mas nós não podemos permitir que esse erro se reproduza em outros pontos da Amazônia. A grande maioria, entretanto, dos projetos pecuários aprovados pela Sudam se situa na faixa da transição da hiléia para outras formações. E, em grande parte sob o serrado matogrossense.

É nessa faixa amazônica do sul do Pará que está o projeto da Volkswagen e que criou tamanha celeuma em todo o Brasil e até no exterior. Realmente o projeto da Volkswagen já está em área de mata de transição. Ele não é hiléia típica. E um projeto que inclusive vem sendo desenvolvido até com bastante apoio técnico e racionalmente conduzido.

Então esta faixa foi dedicada à pecuária, porque realmente nós temos que também pensar alguma coisa em produção de alimentos. Devemos fazer com que as atividades pecuárias e florestais não se conflitem; pelo contrário, se compatibilizam. Então vamos reservar a grande hiléia amazônica para aquela ocupação econômica que não sacrifique a floresta, que não estimule o seu extermínio e vamos deixar que nas matas mais pobres se instalem os projetos pecuários. Esta faixa corresponde, aproximadamente a 60 milhões de hectares. Se nós admitirmos numa margem muita acatutelatória uma cabeça de gado para dois hectares teremos aí garantidos 30 milhões de cabeças. Mas, o que eu queria realmente chamar a atenção é isto: o que falei da necessidade de ser zelado. O patrimônio florestal da Amazônia não exclui a produção da pecuária nas áreas que já não são da Floresta Amazônica, que são matas de transição. Em muitas matas se

poderá aproveitar 50% da madeira derrubada no processo de destilação. Quanto a isso nós teremos, realmente, de uma maneira conjugada, harmônica, a condução das atividades madeireiras e a condução das atividades pecuárias, sem que elas conflitem entre si, sem que realmente se crie uma situação de desperdício de recursos florestais.

EDUARDO MATARAZZO — Temos uma pergunta do Sr. Milcíades Menezes, do Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais.

Gostaria de ouvir da ilustre conferencista alguns comentários sobre a borracha na Amazônia.

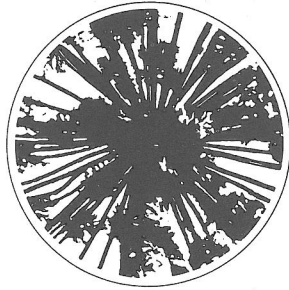
O SR. PRESIDENTE — Vejo, pelo número de intervenções, demonstrado o interesse de todos. Mas, infelizmente, a Dra. Clara Pandolfo não vai poder responder a todas as perguntas; haverá tempo para responder algumas; ficam aqui as nossas escusas juntamente com a minha satisfação por sentir que um problema tão sério é encarado com tanto interesse, e seriedade. Poderemos ir até as 12 horas.

CLARA PANDOLFO — Então, é preferível que esta pergunta sobre borracha fosse enviada diretamente à SUDAM; existe um programa especial e uma superintendência especial sobre borracha. Não há interesse, por parte da SUDAM, de dar continuidade aos estudos até então paralisados. Em quanto tempo estariam prontos os estudos sobre viabilidade econômica? A SUDAM, com seus poucos recursos orçamentários, não poderá arcar sozinha com a implantação de uma usina-piloto. Então, deveríamos conjugar esforços, talvez, de ordens públicas e entidades que estiverem interessadas, para que possamos estudar a concretização desse projeto.

Há também um processo ou sistema para se guardar a madeira até que se tenha desenvolvida a tecnologia dos projetos para sua destilação. Temos na Amazônia madeiras nobres que são quase inapodrecíveis, no decorrer do tempo, e temos madeiras que são muito vulneráveis ao ataque de fungos. Acreditado que montar entrepostos para estocar essa madeira disponível é praticamente inviável.

"Qual a diferença entre floresta de rendimento e manejo sustentado"? Floresta de rendimento seria — faço questão de assinalar que respostas quaisquer seriam inexistentes na Legislação — uma figura que queremos que seja criada na Amazônia. Seria aquela área perfeitamente demarcada, definida, que se destinaria exclusivamente à exploração madeireira auto-sustentada, através do cumprimento de todas as normas e da tecnologia necessária para que essa exploração atinja esse ponto. Manejo sustentável é aquela tecnologia que estamos querendo desenvolver. Precisariamos, evidentemente, dispor de muitos cientistas e especialistas para podermos testar os diferentes tipos de solo da Amazônia, quais as técnicas de manejo que seriam mais recomendáveis. Seria através da regeneração natural induzida. A regeneração natural da mata pode ser feita ao simples sabor da natureza, ou pela atuação do silvicultor, selecionando dentro da mata as espécies de maior valor, dando condições de ar, luz e sol de desenvolvimento rápido, e, ao mesmo tempo, enriquecendo a mata com essas espécies, com plantios intercalares. Então, isto é o manejo sustentado, que deverá ser desenvolvido dentro das áreas de florestas de rendimento.

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

NONA SESSÃO, realizada às 15h do dia 10/8/77, no Auditório G do Palácio das Convenções — Parque Anhembi — SP.

**PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO
DA SIDERURGIA A CARVÃO
VEGETAL: A MADEIRA
COMO FONTE DE ENERGIA**

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **JAMIL NICOLAU AUN**
Pres. Sindicato da Indústria do
Papel — SP

MODERADOR

— **PAULO DA ROCHA CAMARGO**
Secretário da Agricultura — SP

CONFERENCISTA

— **JOSÉ ISRAEL VARGAS**
Secretário de Ciências e
Tecnologia — MG

PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO DA SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL - A MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA

José Israel Vargas

Sumário Summary

Importância da madeira no atual balanço energético brasileiro, em confronto com outras fontes tradicionais: a área inundada por uma represa seria suficiente para gerar a mesma quantidade de energia prevista pelo projeto hidroelétrico, através da utilização racional da biomassa.

Grupamento das fontes de biomassa em três grandes grupos, representados pelos despejos urbanos, pelos rejeitos agrícolas e florestais e pelas "plantações energéticas", constituídas pelas culturas de eucaliptos, cana-de-açúcar e mandioca. Descrição detalhada dos principais processos existentes no País e no mundo dessas fontes de biomassa, a saber: combustão direta, pirólise, ou destilação destrutiva, digestão anaeróbica, hidrólise ácida da madeira e hidrólise enzimática da madeira.

De todos os processos descritos, a Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais está particularmente pesquisando a pirólise da madeira, com vistas ao abastecimento da indústria siderúrgica a carvão vegetal, e a hidrólise ácida da madeira, com o objetivo de produzir etanol para o Programa Nacional do Alcool.

Wood as Energy Source — Vegetal Coal Siderurgy Rationalization Program

Wood importance to the actual brazilian energy budget, in comparison with other traditional sources: the area flooded by a reservoir would be sufficient to generate the same quantity of energy foreseen by the hydroelectric project, through rational utilization of biomass.

Grouping of biomass sources in three great groups, represented by city trash, agricultural and forest rejectables, and by "energy plantations", constituted by eucalyptus, sugar-cane and manioc plantations. Detailed description of the main processes of the following biomass sources existent in the Country and in the world: direct combustion, pyrolysis, or destructive distillation, anaerobic digestion, wood acid hydrolysis, and wood enzymatic hydrolysis.

Of all the processes reported, the Science and Technology State Secretary of Minas Gerais is specially studying wood pyrolysis, with the intent of siderurgic industry supplying, and wood acid hydrolysis, with the purpose of ethanol production for the Alcohol National Program.

José Israel Vargas é bacharel e licenciado em Química pela UFMG (1951/52). É secretário de Ciência, Cultura e Tecnologia de Minas Gerais. Fez curso de Pós-Graduação: em física na USP; Centro Tecnológico de Aeronáutica de Concepción — Chile; Philosophy Doctor na Universidade de Cambridge — Inglaterra. Ocupou funções de Diretor do Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte; membro do Grupo Internacional de Normalização de Dados Nucleares da Agência Internacional de Energia Atômica — Viena; ex-governador substituto (Alternate) da Agência Internacional de Energia Atômica; Colaborador Científico e chefe de pesquisa no Comissariado de Energia Atômica da França (de 1965 a 1972).

É professor titular catedrático de Físico-Química Superior da UFMG (desde 1966); presidente da Fundação João Pinheiro — órgão encarregado da política de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais; Presidente da Fundação Centro Tecnológico do Estado de Minas Gerais (a partir de 1975; Membro do Conselho Científico e Tecnológico do CNPq; Membro da Consultoria Científica do CNPq; Presidente da Comissão de Coordenação Política de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais; Autor de vários artigos apresentados em Congressos Cien-



tíficos no Brasil e no Exterior; Membro das seguintes sociedades científicas e sociais: Société Française Physique, Chemical Society — Londres, Academia de Ciência de Minas Gerais da qual é presidente; portador da Ordem das Palmas Acadêmicas por serviços prestados à cultura francesa.

PROGRAMA DE RACIONALIZAÇÃO DA SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL - A MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA

José Israel Vargas

O tema desta palestra — "A Madeira como Fonte de Energia" é, a rigor, o tema de todo o seminário promovido pela Sociedade Brasileira de Silvicultura, demonstrando a importância que o uso da madeira para fins energéticos vem alcançando, principalmente no Brasil.

Importância esta, decorrente em grande parte da conscientização dos países produtores de petróleo quanto à possibilidade de exaustão deste recurso natural e, no caso específico do Brasil, consequência da escassez de petróleo e da dependência de fornecimento externo de cerca de 75 por cento dos combustíveis consumidos no País.

A importância da madeira como fonte de energia pode ser analisada facilmente com um pequeno exercício de transformação de unidades.

Convertendo-se o carvão vegetal consumido atualmente na siderurgia em seu equivalente calorífico, este representa cerca de 2,5 vezes a energia elétrica consumida no Estado de Minas Gerais (cerca de 10 milhões de KWh em 1976).

Ainda no terreno das especulações com números, pode-se demonstrar facilmente que a área a ser inundada por uma represa atualmente em construção em Minas Gerais — seria suficiente para gerar a mesma quantidade de energia prevista pelo projeto hidroelétrico, através da utilização racional da biomassa, com a vantagem de admitir arrependimento posterior.

Estas duas "brincadeiras com números" demonstram apenas a fragilidade de certas posturas convencionais, despreocupadas com soluções alternativas. Somente a crise de petróleo — um aspecto setorial de uma crise mais ampla, de recursos naturais não renováveis — foi capaz de despertar os planejadores para a busca de novas soluções alternativas, integradas e menos predatórias.

Em 1945, 70% da energia consumida no Brasil provinha de lenha; somente 25 anos depois, em 1970, a mesma percentagem era suprida pelo óleo combustível e energia hidroelétrica.

A esta mudança na estrutura do consumo de energia no País, corresponde o desenvolvimento acelerado do Brasil: de 1920 a 1970 a fronteira agrícola expandiu de 6,5 a 36,5 milhões de hectares; entre 1945 e 1975 as rodovias multiplicaram-se segundo um fator de dez; de 1950 a 1975 o número de carros de passeio saltou de 235.000 para mais de 4.000.000, situando-se a indústria automobilística nacional como a nona maior do mundo, produzindo mais de 1 milhão de veículos por ano; a taxa média do crescimento econômico real do País foi de 6%, no período de 1930 a 1975.

No curso de uma geração, o Brasil passou da economia baseada na queima da lenha para aquela baseada no consumo do petróleo, uma transição que a Europa levou três séculos para completar. Enquanto os combustíveis fósseis eram relativamente baratos, o Brasil apoiou-se quase inteiramente no motor de combustão interna para desenvolver sua economia e integrar a sua vasta extensão territorial. Agora, na fase crítica do desenvolvimento nacional, a crise de energia introduz o desafio adicional do estabelecimento das alternativas próprias e que mais convenham ao País para a manutenção do seu processo desenvolvimentista.

A partir da consciência de que existe um problema sério e continuado de suprimento energético no mundo, de que este problema tem um número reduzido de soluções e de que o País deve ter a maior flexibilidade possível de opções para resolução do problema, torna-se necessário gerar estas opções, reestruturando um quadro de consumo dependente de poucas fontes energéticas em fase de esgotamento para um quadro de consumo no qual é utilizado um maior número de alternativas limitadas e/ou renováveis.

Entre as fontes energéticas renováveis destaca-se a BIOMASSA. A partir dela, são produzidos combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, sendo seu potencial enorme: os rejeitos agrícolas dos E.U.A. representam o equivalente a 20% de toda a energia consumida naquele país em 1974 e suas terras impréstáveis para culturas agrícolas, se plantadas com Eucalyptus, poderiam suprir 40%

de toda a energia consumida (Stanford Institute).

As fontes de biomassa podem ser agrupadas em três grandes itens:

- despejos urbanos;
- rejeitos agrícolas e florestais;
- culturas energéticas (plantações de eucalyptus).

— Cana-de-açúcar

— Mandioca

As figuras 1, 2 e 3 mostram sistemas de aproveitamento destas três fontes.

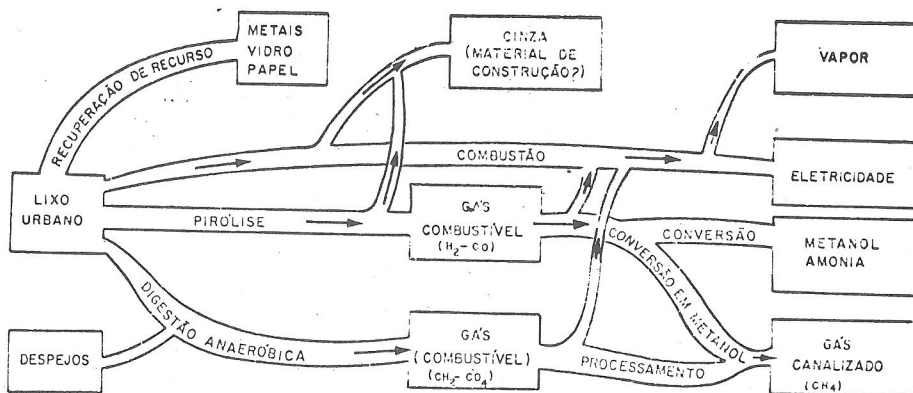
2. FONTES DE BIOMASSA

2.1 — Despejos Urbanos

Muitos países, especialmente da Europa, reconheceram há muito tempo o valor dos despejos urbanos. A Suíça tem recuperado energia do lixo em grandes incineradores e vários países têm usado seu lixo como fertilizante.

A medida que o lixo urbano tem se tornado uma fonte importante de minerais e energia, os métodos de sua utilização têm sofrido alterações radicais.

A queima de lixo urbano, com ou sem aproveitamento de seu conteúdo energético, vem se tornando inaceitável devido a problemas de poluição, especialmente nas proximidades dos grandes centros urbanos. O desenvolvimento das técnicas de recuperação da energia contida no lixo já tornou competitiva esta atividade face aos custos de descarte do lixo em aterros sanitários. A recu-



Este fluxograma apresenta os vários produtos que podem ser derivados do lixo urbano

peração pode ser feita por combustão de lixo "preparado" em caldeiras utilizando combustíveis convencionais, por transformação química do lixo bruto em gás limpo (pirólise a alta temperatura) ou por outros processos de conversão. E também possível e desejável recuperar materiais como fibras de papel, sucata de ferro, alumínio, cobre, zinco e vidro por classificação mecânica e outros procedimentos de separação. Estimativas feitas nos E.U.A. indicam que a reciclagem de refugos urbanos recuperaria 12 milhões de toneladas de materiais ferrosos, um milhão de toneladas de metais não ferrosos e 15 milhões de toneladas de vidro, por ano.

Vários processos de utilização do conteúdo energético do lixo urbano constam da sua conversão em um combustível que pode ser utilizado na geração de eletricidade ou em aplicação direta. A central de Baltimore, E.U.A., usa o processo de pirólise Monsanto, convertendo a maior parte de matéria orgânica em gás. Este é queimado para produzir vapor que é vendido a uma companhia de utilidades local.

A central de San Diego, E.U.A., usará o processo de pirólise desenvolvido pela Garrett Research and Development Company. O combustível produzido por este processo é um óleo pesado semelhante ao óleo combustível, com poder calorífico correspondente a 58% daquele. Os metais contidos no lixo são recuperados, assim como o vidro que tem uma pureza superior a 99,7%.

2.2 — Rejeitos Agrícolas e Florestais

Os rejeitos agrícolas e florestais são a maior fonte não utilizada de carboidratos que pode ser convertida em óleo combustível pesado, álcool ou processada por pirólise.

Nos E.U.A., os rejeitos agrícolas representam 60% do total de refugos. A produção de sólidos orgânicos atinge 400 milhões de toneladas e, a de esterco, 1,7 bilhões de toneladas, por ano.

Durante a II Grande Guerra, com a escassez de combustíveis, a Inglaterra e Alemanha desenvolveram sistemas de utilização do gás metano obtido a partir da decomposição anaeróbica de detritos domésticos, animais e agrícolas. A partir de 1930 a Índia estabeleceu projetos experimentais de obtenção do gás metano e em 1960 foi criado o Centro de Pesquisa de Gás Gobar.

A decomposição anaeróbica ocorre pela fermentação de matérias orgânicas animais ou vegetais. Os produtos são:

- metano
- dióxido de carbono
- hidrogênio
- traços de outros gases
- fertilizantes

As condições ambientais necessárias para a atividade dos microorganismos responsáveis pela liberação do gás metano são:

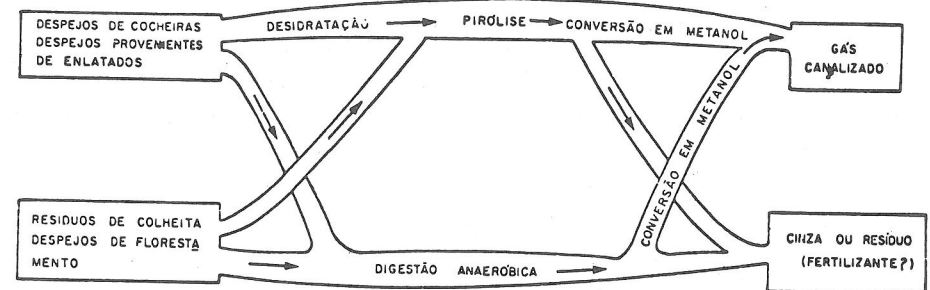
- Temperatura: de 0 a 69°C. A geração mais estável ocorre na faixa de 32 a 35°C com 95% da produção de metano em 40 dias. De 43 a 48°C a produção ocorre em 28 dias.
- Acidez: a fermentação é ideal entre os pH de 6,8 a 8,0.
- Razão C/N: a decomposição anaeróbica é a mais rápida possível quando a razão C/N é de 30:1.
- Porcentagem de sólidos: 7 a 9%.
- Aparato: gasômetro alimentado contínua ou descontinuamente.

A partir de 1 Kg de detritos animais, são produzidos 0,009 m³ de metano com um poder calorífico de 5.800 Kcal/m³. Para o mesmo peso de folhas secas produz-se um volume 7 vezes maior de metano.

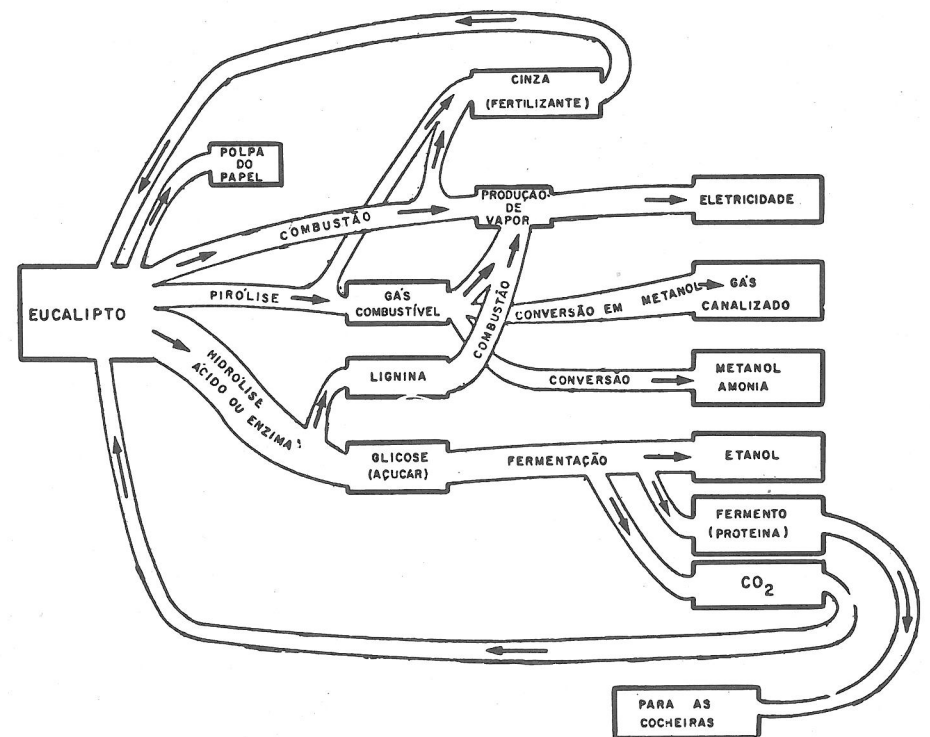
Na Índia, a utilização dos detritos animais para produção de gás metano permite a eliminação de focos de doenças, o abastecimento de povoados com gás para utilização doméstica e a produção de fertilizantes com um teor de N de 2 a 3 vezes maior que o dos produzidos por fermentação ao ar livre (no caso de matérias orgânicas vegetais o teor de N é menor).

Várias instalações deste tipo foram construídas na Índia, não com a finalidade de produzir metano ou fertilizantes, mas de conservar o meio ambiente. A maior destas instalações encontra-se em Delhi. Geradores acionados por três motores de 400 HP cada, produzem eletricidade. O combustível dos motores é o metano e o fertilizante obtido é dado aos agricultores da região.

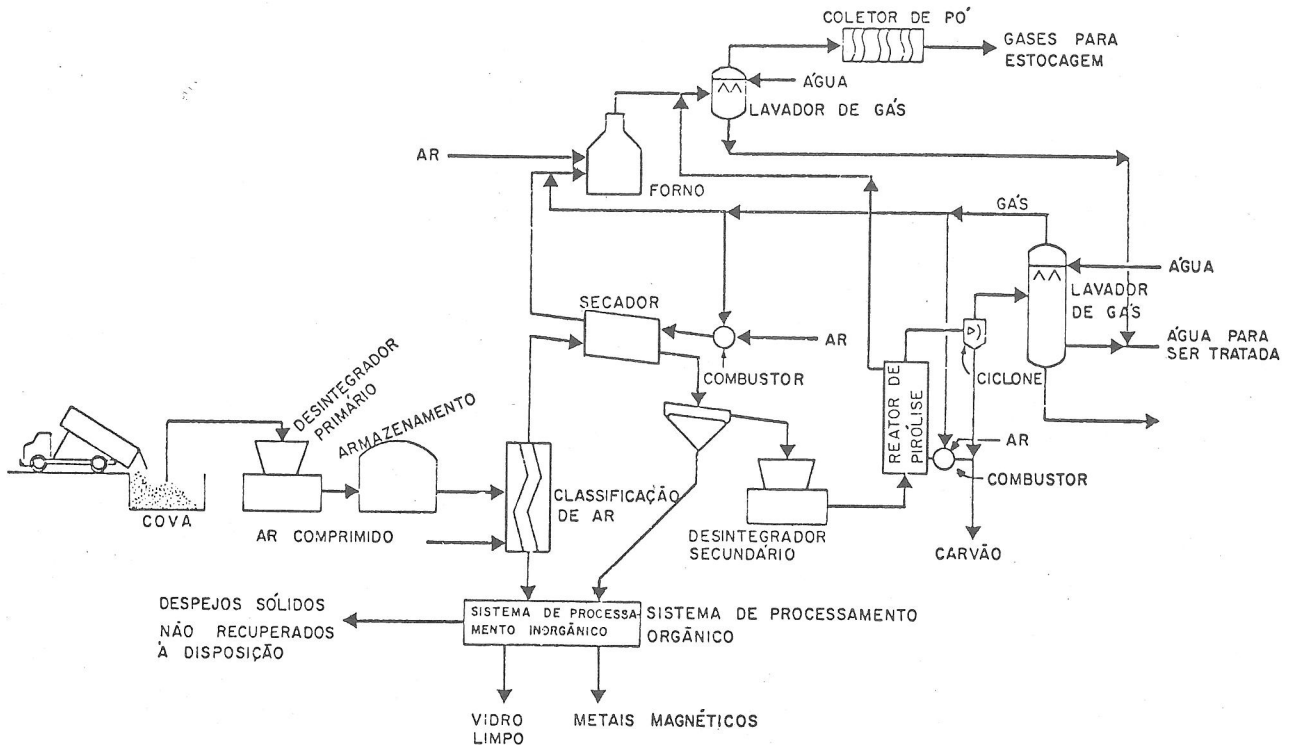
2.3 — Plantação de Biomassa — Eucalyptus spp



Este gráfico apresenta os sistemas alternativos para a produção de gás canalizado a partir de resíduos agrícolas



Este sistema de biomassa do Eucalipto indica a possibilidade de um ciclo completo onde a cinza e o CO₂ são reaproveitados para a plantação de Eucaliptos



Processo Pirolítico Garrett R & D

florestal simples, minimizando a possibilidade de uma "má colheita";

- a sua produtividade é muito grande, o que dá à cultura muitas das características desejáveis de colheitas anuais, particularmente o suprimento constante de matéria-prima;
- eucalipto pode ser plantado em terras pobres e inadequadas para as culturas agrícolas convencionais, não havendo necessidade de competir com cereais e árvores frutíferas e, portanto, evitando a escolha entre combustível e alimentos.

As características de crescimento do eucalipto cobrem uma ampla e diversificada faixa de demanda de água, permitindo grandes variações da precipitação pluviométrica e de distribuição do período de chuvas. O maior crescimento da árvore ocorre em áreas apresentando temperaturas médias anuais de 10 a 21°C com menos de 30 a 60 dias de geada por ano. O efeito da geada é mais de reduzir a sua taxa de crescimento que de matar a árvore.

Do mesmo modo, as necessidades de solo e nutrientes são razoavelmente flexíveis. As maiores produtividades são obtidas em solos de boa qualidade, mas sucessos significativos foram conseguidos com plantações em solos arenosos, em condições quase desérticas (por ex.: Tasmânia, Austrália).

Em algumas espécies a taxa de crescimento é de mais de 3,6 metros por ano.

O *Eucalyptus Grandis*, a espécie mais plantada no Brasil, tem atingido rendimentos de 150 metros cúbicos por hectare, para árvores com seis anos de idade. O rendimento correspondente em maciços florestais homogêneos é de 10 t/ha/ano de matéria seca queimável. As pesquisas em desenvolvimento visando ao aumento do rendimento do eu-

calipto, seja para fins energéticos, seja para produção de polpa, já atingiram o valor de 18 t/hectare/ano, pela melhoria genética das espécies, pelo manejo florestal e pelo uso de fertilizantes.

Do ponto de vista de conteúdo energético, o eucalipto tem sido uma madeira preferida para lenha pelo seu alto poder calorífico que é de 4.700 Kcal/Kg. Uma plantação que produz 10 t/ha/ano de madeira, produz 47 milhões de Kcal/ha/ano.

A produção de eucalipto envolve três fases: plantio, manejo florestal e replantio. Cerca de 50 países plantam eucalipto em bases comerciais, atualmente, destacando-se a Austrália, o Brasil e alguns países africanos. As possibilidades de melhorias tecnológicas no plantio, colheita, transporte, melhoria genética das espécies e, principalmente, no processamento da biomassa para diversos fins, são grandes.

A fase de plantio refere-se aos processos de preparação da terra, de plantio de mudas ou sementes e manutenção durante os 5 primeiros anos de crescimento.

O espaçamento entre árvores ideal ainda não está definido.

Em países mediterrâneos é usado o espaçamento 3x3 m enquanto que no Brasil obtém-se altos rendimentos com o espaçamento de 2 x 2 m (2.500 árvores por ha.).

As operações de corte, transporte, etc. da madeira variam conforme a disponibilidade e custo de mão-de-obra. Na Austrália os procedimentos são semimecanizados sendo que no Brasil as operações requerem mão-de-obra intensiva. No entanto, existe um grande número de máquinas que, com pequenas modificações, podem praticamente automatizar a exploração de eucaliptos no Brasil.

Devido à grande capacidade de regeneração do eucalipto, a exploração florestal é feita por meio de 3 a 8 cortes da árvore. O

processo não requer nenhuma manutenção e, num período de 5 a 8 anos, a árvore está novamente desenvolvida e pronta para novo corte.

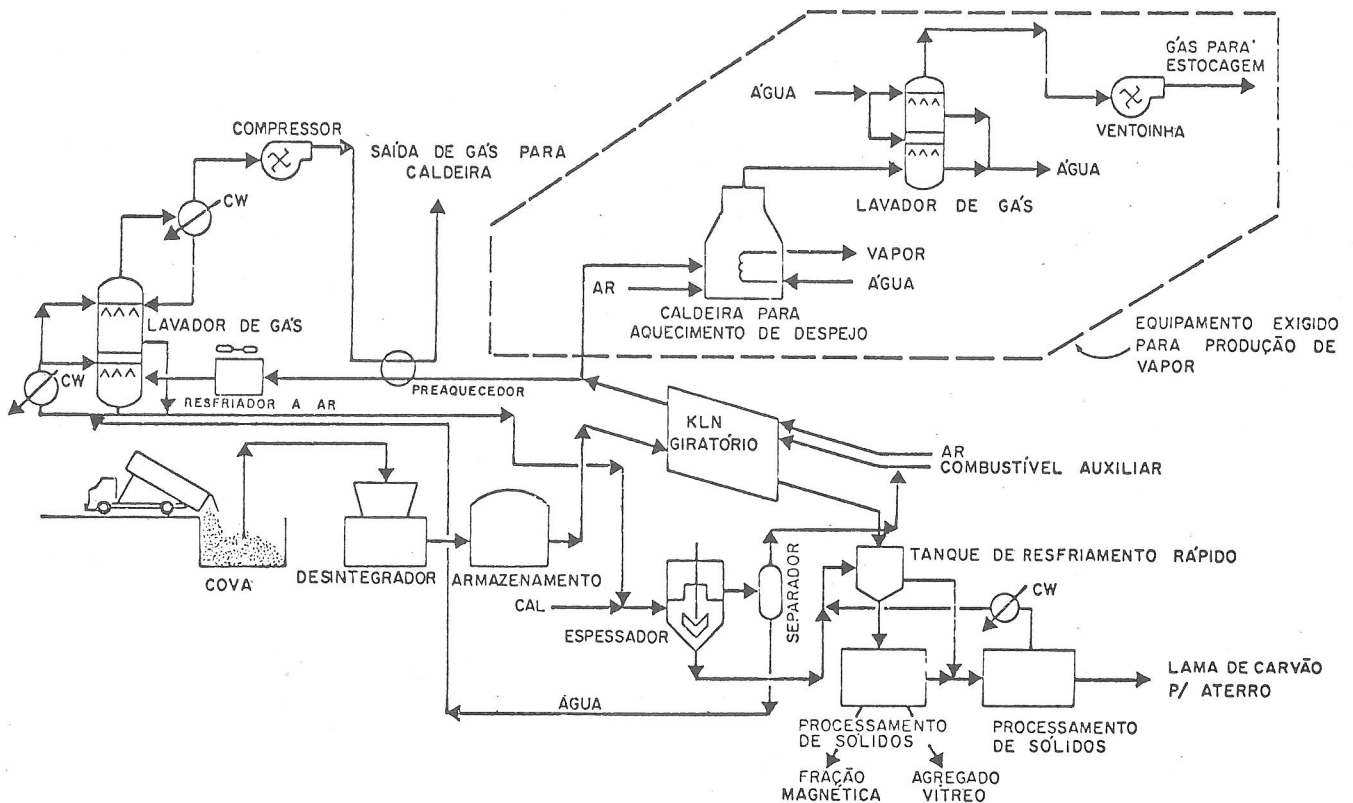
Isto significa que um único plantio permite uma capacidade de produção de 25 a 50 anos. As vantagens decorrentes desta capacidade do eucalipto são grandes: além de permitir a amortização dos custos iniciais do capital, permite uma organização mais extensiva das plantações. A possibilidade de exploração florestal de uma gleba, cinco vezes durante 40 anos torna rentável um empreendimento que requer preparar a terra, construir estradas e mesmo instalar correias transportadoras.

A rápida regeneração permite também o corte de árvores segundo um plano de rodízio de modo que ao fim de 7 anos as árvores cortadas estarão regeneradas e prontas para novo corte. Assim, os maciços florestais podem fornecer continuamente, e quase inesgotavelmente madeira para fins energéticos.

Comparado com outras árvores, o eucalipto cresce a taxas anuais maiores de 3 a 5 vezes que outras espécies. A sua capacidade de adaptação, sua resistência às doenças e fácil manejo, tornam-no uma escolha preferida entre espécies vegetais. Outras espécies, mesmo tendo maiores produtividades, como a cana-de-açúcar, que rende 74 t/ha/ano, apresentam as desvantagens, em relação ao eucalipto, de exigir melhor qualidade de terra, irrigação e colheitas anuais. Além disso, as florestas de eucalipto são "à prova de tempo", não estando sujeitas à "má colheita".

3.1. COMBUSTÃO

Uma das alternativas para recuperar a energia da biomassa é proceder à sua com-



Processo Pirolítico Monsanto / Landgard

bustão e converter a sua energia química em energia calorífica ou eletricidade.

Um sistema de combustão de lixo urbano compreende três seções. Na primeira o lixo é separado, a fim de recuperar-se os materiais recicláveis. Na segunda seção, o lixo é incinerado, liberando energia térmica. Os incineradores atualmente em operação são o forno refratário, o forno com "paredes d'água", o reator a leito fluidizado e a caldeira convencional. Na terceira seção a energia térmica é convertida ou transformada em alguma forma utilizável. Isto pode ser feito através de uma turbina a gás ou a vapor, por exemplo. Finalmente, o sistema possui separadores para remoção de partículas dos gases de exaustão e lavadores para remoção das emissões de SO_x .

A combustão de madeira de eucalipto apresenta menos problemas que a queima de rejeitos urbanos. A construção de uma central geradora de vapor-eletricidade a partir da madeira, não requer particularidades adicionais àquelas de uma central geradora de vapor-eletricidade, a partir do carvão mineral. Uma estimativa de custo de capital para uma central de 1.000 MW, queimando madeira, fornece o valor de US\$ 200 por KW de capacidade. Sendo o custo de plantio baixo o suficiente, a combustão da madeira é competitiva técnica e economicamente com centrais geradoras de vapor-eletricidade, que queimam combustíveis fósseis.

No caso de queima de lixo urbano, as cinzas são um importante subproduto do processo, podendo ser usadas como aditivo de concreto e asfalto, para produção de tijolos, etc. No caso de cinzas de madeira, estas são recicladas e usadas como fertilizantes.

3.2. PIROLÍSE

Por este processo, geralmente denominada destilação destrutiva, a matéria orgânica é aquecida a alta temperatura (500 a 1.100°C) num meio pobre em oxigênio. A alta temperatura e a falta de oxigênio resultam na quebra química da matéria orgânica em três grupos:

- gás constituído principalmente de hidrogênio, metano, monóxido de carbono e dióxido de carbono;
- alcatrão ou óleo, líquido a temperatura ambiente, contendo ácido acético, acetona e metanol;
- carvão consistindo de carbono quase puro e elementos inertes que podem entrar no processo, como vidro, metal e rochas.

O processo de produção de carvão vegetal pela pirólise da madeira, com recuperação de subprodutos, foi desenvolvido há dezenas de anos e caiu em desuso com o advento do petróleo como matéria-prima de baixo custo. No entanto, ainda hoje, vários países contam com instalações de pirólise da madeira em operação, notadamente Austrália, França e Alemanha Ocidental.

O processo de carbonização da madeira, hoje utilizado no Brasil, é aquele do forno de alvenaria, no qual são perdidos os voláteis condensáveis e não condensáveis. O problema da recuperação dos subprodutos da destilação da madeira adquire importância especial quando se considera que, tomando como referência a produção programada de 5 milhões de toneladas de gusa em 1980, pelas siderúrgicas integradas mineiras, e mantendo-se a tecnologia primitiva de carbonização em

fornos de alvenaria, serão perdidos anualmente:

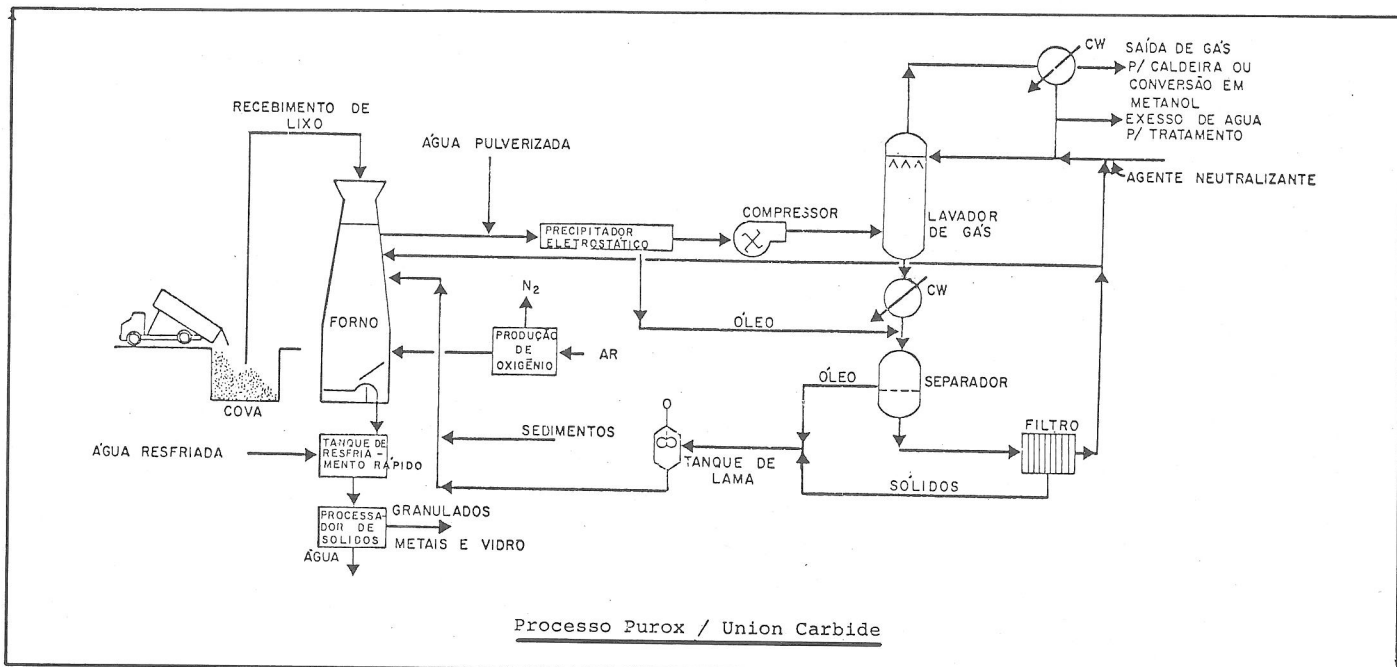
- 2.000.000 t de gases combustíveis;
- 285.000 t de ácido acético;
- 175.000 t de metanol;
- 435.000 t de produtos leves;
- 990.000 t de alcatrão.

Alguns destes subprodutos têm valores bastante elevados: considerando-se os preços atuais, os subprodutos da destilação da madeira poderão atingir, em 1980, a casa dos 6 bilhões de cruzeiros. Só a parcela de ácido acético representa cerca de 3,7 bilhões de cruzeiros aos preços de 1976.

Entre os processos de pirólise de lixo urbano, sobressaem o da Garrett Research and Development, o Monsanto Landgard e o Purox (Union Carbide).

Pelo processo Garrett é produzido óleo combustível ou gás. O lixo é secado e passado por classificadores que separam a maior parte do vidro, metal e outras matérias inorgânicas. Num segundo estágio de peneiragem é melhorada a separação da matéria inorgânica da orgânica, que é triturada até 24 "mesh" e passada pelo processo de pirólise. O rendimento é um barril de óleo cru por tonelada de lixo. A figura 4 mostra o esquema da central cuja construção foi iniciada em 1974 no condado de San Diego, E.U.A., utilizando o processo Garrett. A capacidade da instalação é de 200 t/dia e de custo orçado em US\$ 12,4 milhões.

O objetivo principal do processo Landgard é dispor de todos os tipos de rejeitos sólidos. O sistema abrange todas as operações de recebimento, manuseio, pirólise e processamento dos resíduos (sólidos e gases) para geração de vapor a partir do calor rejeitado.



O calor é fornecido ao processo pela queima de óleo combustível. A figura 5 ilustra o processo Landgard.

O processo Purox é, principalmente, um processo de recuperação de energia, produzindo gás combustível. Oxigênio com pureza de 95% é soprado na parte inferior, do que resulta combustão a alta temperatura (1.400 a 1.600°C). Acima da zona de combustão encontra-se a zona de pirólise. O refúgio no topo do forno é aquecido pelos gases provenientes da zona de pirólise. O carvão que chega à zona de combustão com outros ingredientes não combustíveis é convertido principalmente em monóxido de carbono e hidrogênio. O gás lavado tem uma temperatura de chama equivalente àquela do gás natural. O processo usa somente 20% da energia recuperada pelo sistema, deixando 80% para venda. Centrais de 1.000 t/dia, ou mesmo maiores, têm uma produção líquida de 1,7 milhões de Kcal/t de lixo com uma eficiência térmica global de 68%. A Purox opera desde 1971 uma central de 200 t/dia em South Charleston, E.U.A. A figura 6 mostra o esquema da instalação.

A figura 7 mostra os custos comparativos dos três sistemas de pirólise descritos. A figura 8 mostra a economia do processo Purox usando o eucalipto como matéria-prima.

3.3. DIGESTÃO ANAERÓBICA

A digestão anaeróbica é um processo biológico pelo qual bactérias convertem matéria orgânica em metano e dióxido de carbono na ausência de oxigênio. Hoje já é um processo comum de tratamento de esgotos. Estima-se que o potencial de produção de metano, nos E.U.A., por digestão anaeróbica de esgotos, refulos urbanos e rejeitos agrícolas seja de 115 bilhões de metros cúbicos anuais. O equivalente calorífico deste volume é de 1.000 trilhões de Kcal, por ano.

A utilização do gás produzido por digestão anaeróbica de detritos orgânicos data de mais de 100 anos. Hoje serve como fonte de potência e calor em instalações municipais de vários países, entre os quais E.U.A., Índia, África do Sul e vários países da Europa Ocidental. Na Índia, nos últimos doze anos, foram instalados 7.000 digestores anaeróbicos, sendo que, atualmente, vem sendo conduzido um programa que visa à implanta-

Custos de Capital, Operação e Manutenção

Para as Usinas de Pirólise de Produção de Energia Usando o Lixo Urbano

Custo 1974 — 1970 \$

		Garret	Monsanto	Union Carbide	
				Metanação FF	
Capacidade	ton./Cal.Dia	1,000	1,000	1,000	1,000
Capacidade	ton./Op	1,110	1,110	1,110	1,110
Investimento da Usina	\$10 ⁶	13.2	13.9	13.2	18.4
Custo do Capital (25 anos, 15%)	\$10 ³ /ano	2,046	2,155	2,046	2.852
Trabalho mão-de-obra	Operador/Deslocamento	4	4	5	10
Trabalho mão-de-obra (\$5/hr.)	\$10 ³ /ano	175	175	218	437
Manutenção	\$10 ³ /ano	833	697	558	906
Eleticidade	10 ⁶ kwh/ano	46.4	112.8	32	33
Eleticidade (.01/kwh)	\$10 ³ /ano	464	1,128	320	380
Água (resfriamento)	10 ⁶ gal/ano	4,400	1,300	4,750	7,400
Água (0,2/10 ³ gal)	\$10 ³ /ano	88	26	95	148
Custo de resíduo	\$10 ³ /ano	132	98	—	106
Ferro produzido	10 ³ ton./ano	15	15	—	15
Ferro (\$16/ton)	\$10 ³ /ano	(240)	(240)	—	(240)
Alumínio	10 ³ ton./ano	2	—	—	2
Alumínio(\$200/ton.)	\$10 ³ /ano	(400)	—	—	(400)
Vidro	10 ³ ton./ano	17	—	—	17
Vidro (\$5/ton.)	\$10 ³ /ano	85	—	—	85
Agregados Vítreos	10 ³ ton./ano	—	39	55	—
Agregados Vítreos (\$5/ton.)	\$10 ³ /ano	—	(117)	(165)	—
Água de despejo	10 ³ gal/ano	4,000	8,000	31,000	36,000
Água de despejo (\$3/10 ³ gal)	\$10 ³ /ano	12	24	93	93
Óleo consumido	10 ³ BBL/ano	—	62	—	—
Óleo (\$15/BBL)	\$10 ³ /ano	—	930	—	—
TOTAL	\$10³/ano	3,025	4,876	3,165	4,197
Energia Produzida	\$10 ⁶ BTU/Ano	2,000,000	2,614,000	2,970,000	2,525,000
Custo da conversão	\$10 ⁶ BTU	1.51	1.87	1.07	1.66
Fixo urbano	\$10 ³ t/ano	365	365	365	365
Fixo urbano(\$8/ton.)	\$10 ³ /ano	(2,920)	(2,920)	(2,920)	(2,920)
Custo líquido	\$10 ³ /ano	105	1,956	245	1,277
Custo de Energia	\$10 ⁶ BTU	.05	.75	.08	.51

ção de 100.000 unidades adicionais. O uso principal do processo é ainda o de tratamento de esgotos e lixo municipais e de efluentes industriais e rejeitos agrícolas tais como embalagem de carne e frutas. Para estas aplicações, o objetivo do processo tem sido o de remoção de matéria orgânica e destruição de microorganismos danosos.

Ultimamente tem sido dada crescente ênfase à produção de gás como um subproduto altamente desejável e comercial.

A digestão anaeróbica é um processo constituído de dois estágios, como mostrado abaixo:

COMPOSTOS ORGANICOS COMPLEXOS	bactérias formadoras de ácido	
1.º ESTAGIO		
ACIDOS ORGANICOS	bactérias formadoras de metano	CH ₄ CO ₂
2.º ESTAGIO		

No primeiro estágio, compostos orgânicos complexos tais como proteínas e carboidratos são convertidos em ácidos orgânicos simples tais como ácido acético. No segundo estágio, os ácidos simples sofrem fermentação por bactérias anaeróbicas formadoras de metano, isto é, bactérias que só sobrevivem na ausência do oxigênio.

A pesquisa de sistemas de dois estágios nos quais dois tanques separados são opera-

dos em série, indica um aumento na produtividade (m³ de CH₄ por Kg de matéria sólida adicionada) de 20 a 40 \$. Um fluxograma básico do processo é mostrado na figura 9, com o balanço de massa incorporado.

A matéria-prima para os digestores anaeróbicos pode ser qualquer uma das seguintes:

- Despejos Urbanos
 - esgoto
 - lixo
- Rejeitos Agrícolas
 - dejetos animais
 - refugos agrícolas (bagaço, folhas, etc.)
- Rejeitos Industriais
 - rejeitos do processamento de alimentos
 - rejeitos petroquímicos
- Culturas Energéticas
 - algas
 - madeira
 - cana de açúcar, mandioca, etc.

3.4. HIDRÓLISE ÁCIDA DA MADEIRA — PRODUÇÃO DE ALCÓOL

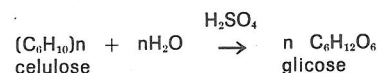
O álcool da madeira tem sido produzido intermitentemente desde o século XIX. Metanol foi inicialmente produzido como subproduto da destilação destrutiva da madeira na produção de carvão vegetal. Dos alcoóis, o etanol tem sido produzido em maiores quantidades que o metanol.

O processo Madison de produção de açúcar a partir da madeira obteve bastante sucesso, produzindo 246 litros de etanol a partir de 1 t de madeira.

A produção de etanol é feita em duas fases. Na primeira, a madeira é decomposta em açúcares. Na segunda fase, os açúcares são fermentados transformando-se em álcool etílico. Um balanço de massa das duas fases é apresentado na figura 10. Este processo é idêntico ao usado na indústria de bebidas.

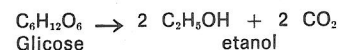
A conversão da madeira em açúcares é a fase mais crítica do processo. Cavacos ou serragem são inseridos no digestor onde são aquecidos sob pressão numa solução de ácido sulfúrico. No digestor somente a celulose é decomposta em açúcar, sendo que a madeira é composta de 70-80% de celulose e 20-30% de lignina. A lignina é insolúvel e deposita-se no fundo do digestor de onde é facilmente removível.

O ácido sulfúrico é um catalizador na hidrólise da madeira. A reação básica é:



Junto com esta reação, que produz hexoses, em torno de 20 a 50% dos açúcares produzidos são pentoses e açúcares pesados. Somente as hexoses são totalmente fermentáveis pelos mostos hoje em uso. Portanto, em torno de 20% do açúcar não é fermentado. Para melhorar a eficiência do processo, os açúcares restantes podem ser utilizados como ração ou fermentados por outros microorganismos.

A reação básica do processo de fermentação é:



A figura 11 mostra o fluxograma do processo contínuo de fermentação.

Uma das grandes vantagens da produção de álcool a partir da madeira reside no fato de que os vários subprodutos do processo podem ter valor até mais elevado que o do próprio álcool. A lignina é um composto altamente estável que não é afetado pelo ácido sulfúrico ou pelos compostos químicos usados no processo de produção de polpa. Pode ser usada como enchimento de plástico e na produção de Vanilina, um composto utilizado pela indústria farmacêutica. A produção de lignina de uma usina com capacidade de processamento de 1.000 t de madeira por dia é de 200 a 300 t de lignina. Esta lignina pode também ser queimada para produzir vapor para o processo. A produção de dióxido de carbono e de mosto é, também, importante. O dióxido de carbono tem pureza de 97% e o mosto é constituído em 50% de proteína, sendo ideal para ração animal. Outro subproduto do processo é o furfural que é usado na produção de nylon. Três por cento do açúcar tornam-se furfural e aproximadamente a mesma quantidade de metanol é recuperada.

A partir da recomendação, da Academia de Ciências Australiana, de que metade das necessidades de combustível líquido para transporte fossem supridas por fontes renováveis dentro de 25 anos, foi elaborado um estudo pelo CSIRO Solar Energy Studies Unit relativo à produção de etanol a partir da madeira de eucalipto. A biomassa poderia ser convertida em vários líquidos e gases combustíveis por processos tais como fermentação, redução química e pirólise. O estudo recomendou a hidrólise ácida da madeira se-

Custos de Capital, Operação e Manutenção
Para a Produção de Gás Combustível Proveniente do Eucalipto
Custo 1974 — 1970 \$

		Gás Combustível de baixo BTU	Gás encanado de alto BTU.
Capacidade	Ton./Cal. dia	1,000	1,000
Capacidade	Ton./Op dia	1,100	1,100
Investimento da usina	\$10 ⁶	13.2	19.1
Custo de capital (25 anos, 15%)	\$10 ³ /ano	<u>2,046</u>	<u>2,961</u>
Mão-de-obra	Operadores/des- locamento	5	7
Mão-de-obra (\$5/h)	\$10 ³ /ano	<u>218</u>	<u>306</u>
Manutenção	\$10 ³ /ano	<u>557</u>	<u>705</u>
Eleticidade	10 ⁶ kwh/ano	32	32
Eleticidade (.01/kwh)	\$10 ³ /ano	<u>320</u>	<u>320</u>
Resfriamento à água	10 ⁶ gal/ano	4,750	9,255
Água (.02/10 ³ gal)	\$10 ³ /ano	<u>95</u>	<u>185</u>
Custos na disposição			
de despejos	\$10 ³ /ano	<u>106</u>	<u>106</u>
Água de despejos	10 ³ gal/ano	31,000	31,000
Água de despejos (\$3/10 ³ gal)	10 ³ /ano	<u>93</u>	<u>93</u>
Capital, operação e manutenção			
Total	\$10 ³ /ano	<u>3,435</u>	<u>4,676</u>
Energia produzida	10 ⁶ BTU/ano	5,049,000	4,293,000
Custo de energia	\$/10 ⁶ BTU	68	1.09
Rendimento de gás			
BTU/Eucalipto BTU		.68	.58

guida da fermentação dos açúcares em etanol como o processo mais interessante.

Para suprir as necessidades da Austrália, no ano 2.000, será necessária a produção de 21,2 milhões de t/ano de etanol, naquela época. O estudo propõe a construção de 17 complexos industriais, cada um produzindo 4.000 t/dia de etanol. A área empregada na plantação de eucaliptos seria de 13 milhões de hectares.

Utilizando-se as técnicas comprovadas de processamento da madeira para a produção de etanol, este teria um custo de A\$ 450/t (A\$1 — Cr\$ 20,00).

Um estudo feito indica que os custos do Brasil seriam da ordem de 30 a 40% menores do que aqueles verificados na Austrália. Utilizando-se a tecnologia atual com baixos rendimentos de hidrólise ácida, seguida de fermentação, os custos a partir de cana, mandioca e madeira seriam da ordem de 30% maiores do que os dos outros processos. Esse problema central de rendimento da hidrólise da celulose não está resolvido. Não é um problema tecnológico; continua sendo

um problema científico, de como quebrar a rede da celulose de uma maneira conveniente. Há estudos recentes mostrando que é possível algum progresso nessa direção, particularmente estudos feitos na Universidade de Nova Iorque. Neles, a polpa da celulose foi submetida à radiação, com elétrons a 10 megawatts, o que elevou o rendimento da hidrólise a cerca de 50%.

Esta área, evidentemente, merece grandes esforços de pesquisa. E eu estou perfeitamente de acordo com o que disse o Dr. German, numa conferência realizada no mês de janeiro, na Flórida, de que esses tópicos sejam talvez um dos assuntos de pesquisa mais importantes e básicos a se resolver, tanto para energia, quanto para alimentação da humanidade.

Do lado da fermentação, é curioso notar que, com a fabricação do álcool a partir do etileno, — nos Estados Unidos, 98% do álcool são produzidos a partir do etileno — o estudo da fermentação praticamente não evoluiu. O processo de fermentação contínuo é o mesmo há muitos anos. O processo novo pre-

cisa ser testado. Há um trabalho realizado na Universidade de Berkeley, indicando que é possível aumentar de 11 vezes a produtividade da fermentação, com investimentos de igual capacidade. Essa experiência já foi realizada e um estudo econômico da situação também. E o plano precisa ser testado em fase piloto em escala maior. Estamos em contato com o pessoal da Califórnia, talvez para realizar um estudo, em colaboração com nossa Secretaria de Ciência e Tecnologia. Embora a hidrólise da celulose não tenha se alterado fundamentalmente, parece haver uma alteração sumamente importante no processo de fermentação. O interesse deste desenvolvimento na área de fermentação é, evidentemente, muito grande, porque afeta não só as vias de utilização de celulose e madeira para etanol, mas também as outras vias tanto da cana de açúcar, quanto de mandioca.

Além da hidrólise ácida da celulose, há, evidentemente, muitos estudos, nos Estados Unidos, de uma via enzimática, com uso de fungos, para a produção de açúcar fermentado. No caso da hidrólise enzimática, todo o problema está ligado à relativa resistência e rápida degradação biológica da celulose.

Os melhores resultados nesta área parecem ser obtidos pelo processo enzimático estudado por Ghose e outros autores.

3.5. HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA MADEIRA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

Com a sua relativa resistência à rápida degradação biológica, a celulose constitui uma grande reserva de energia e nutriente. A produção anual de celulose, no mundo, encontra-se em torno de 10¹¹ toneladas. A celulose proveniente de rejeitos de alimentos e rejeitos municipais constitui importante fonte de matéria aproveitável.

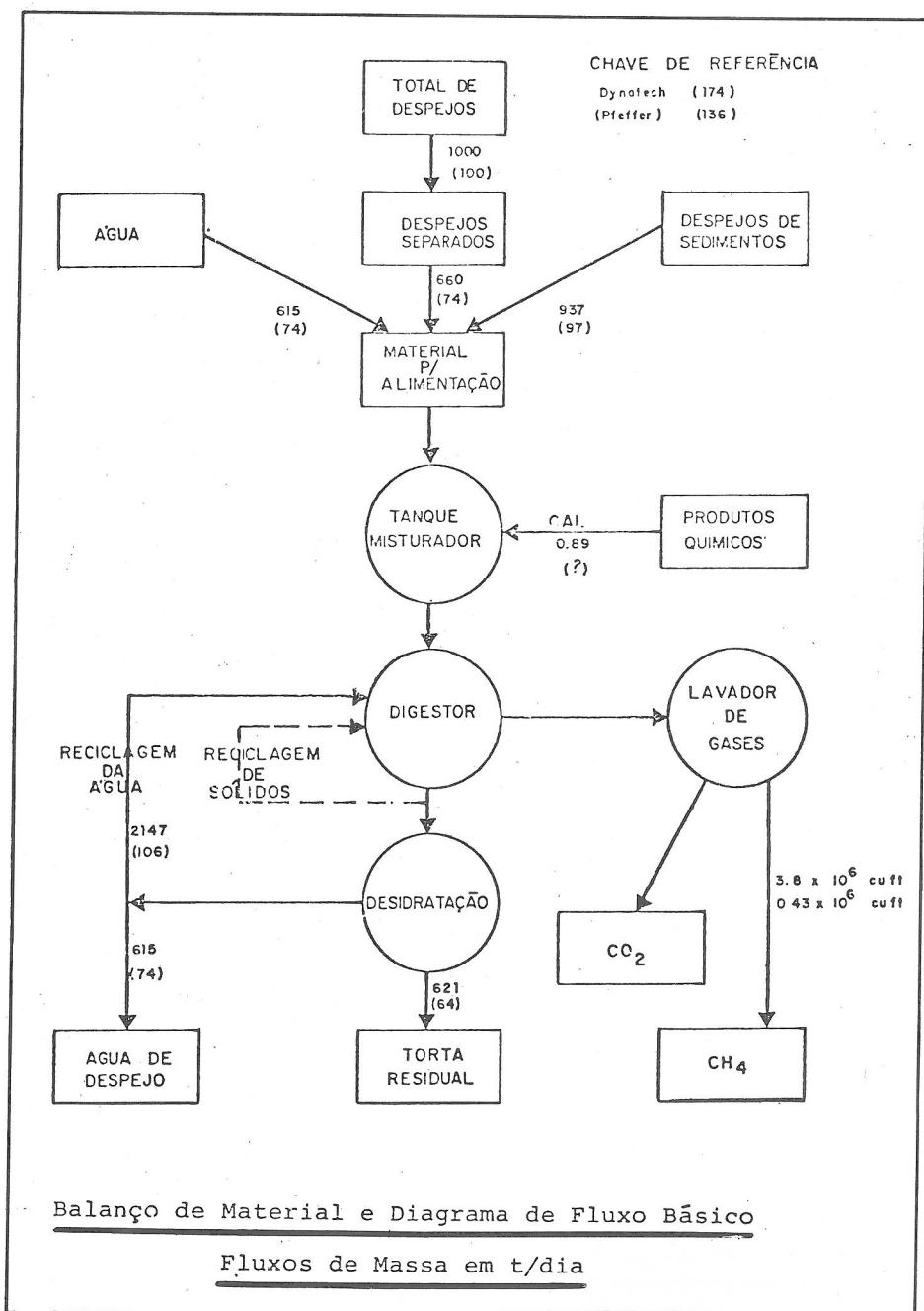
Até agora, a utilização da celulose tem se limitado ao metabolismo animal e à combustão ineficiente. Sendo a celulose hidrolizada economicamente em glicose, pode então ser convertida por microorganismos em proteína ou álcool. Os melhores resultados de obtenção de açúcar a partir da celulose pelo processo enzimático são aqueles de Ghose e outros autores. Num sistema de hidrólise contínua da polpa da celulose, foi mantida uma vazão constante do efluente apresentando 3,3 a 3,6% de glicose, em peso, sob as condições de: $t = 50^{\circ}\text{C}$, $P = 1$ atm., $\text{pH} = 4,8$ a $5,0$ e taxa de diluição de 0,025/h. O sistema de multi-estágios chegou a produzir um efluente com 5,5% de glicose em peso, sendo a conversão global de celulose em glicose em torno de 45%.

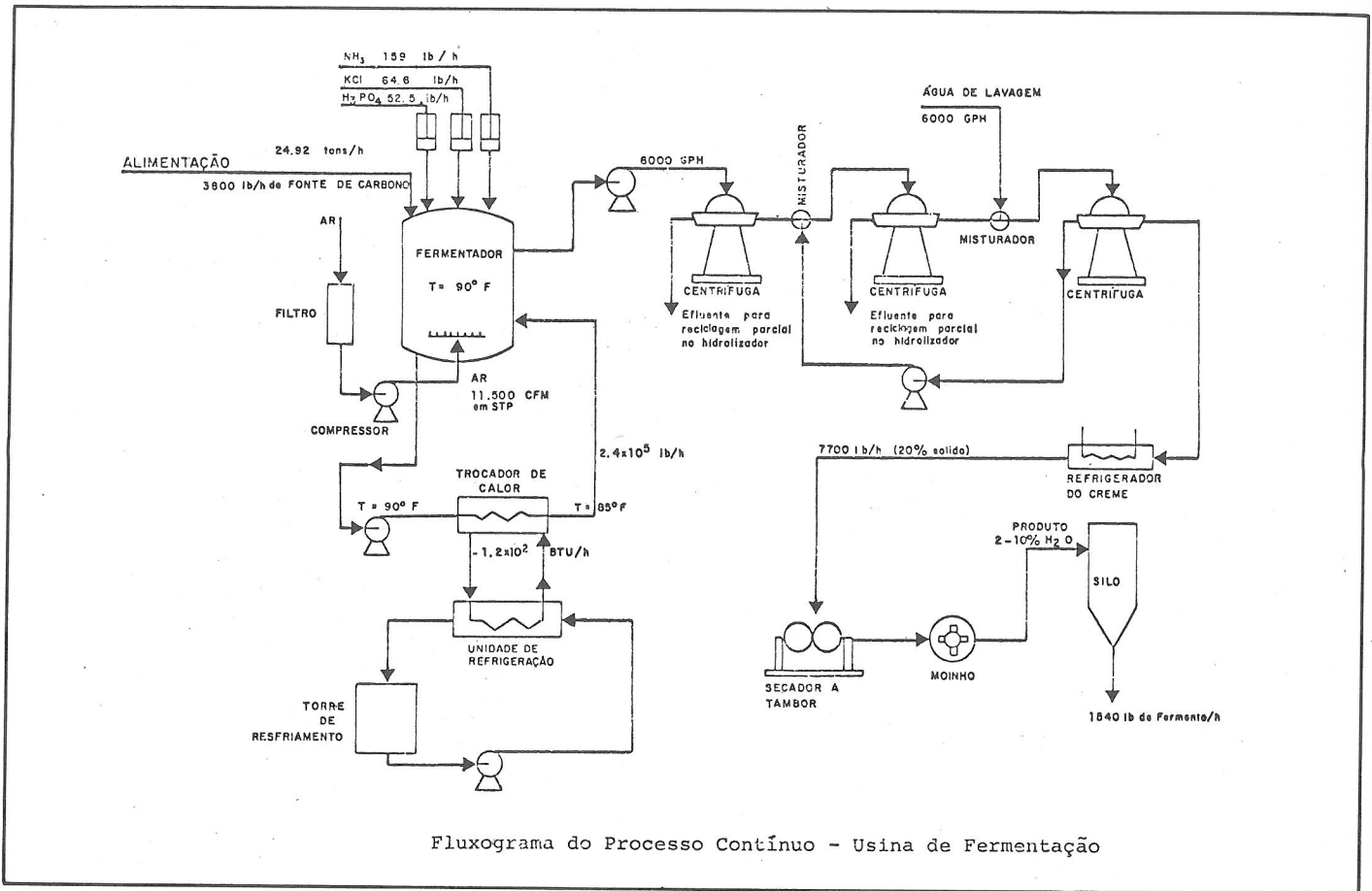
Em trabalho mais recente, Ghose et. al. apresentaram um modelo contínuo de sacarificação empregando uma membrana ultrafiltro para remoção simultânea do xarope de glicose.

Entre 1940 a 1945, o álcool era produzido principalmente por fermentação. A partir do momento, que o petróleo tornou-se uma fonte barata para produção de álcool, em 1950, a fermentação como processo de produção do etanol caiu em desuso. Com os atuais preços do etileno, a fermentação volta a ser competitiva desde que o custo do açúcar seja razoável.

4. UTILIZAÇÃO EM MINAS GERAIS

De todos os processos descritos, Minas Gerais, através da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia e da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, está interessado particularmente em dois: a pirólise da madeira, com vistas ao abastecimento da indús-





tria siderúrgica a carvão vegetal, e a hidrólise ácida da madeira, com o objetivo de produzir etanol para o Programa Nacional do Alcool.

Minas Gerais tem algumas características particularmente favoráveis ao desenvolvimento de um programa energético a partir da madeira.

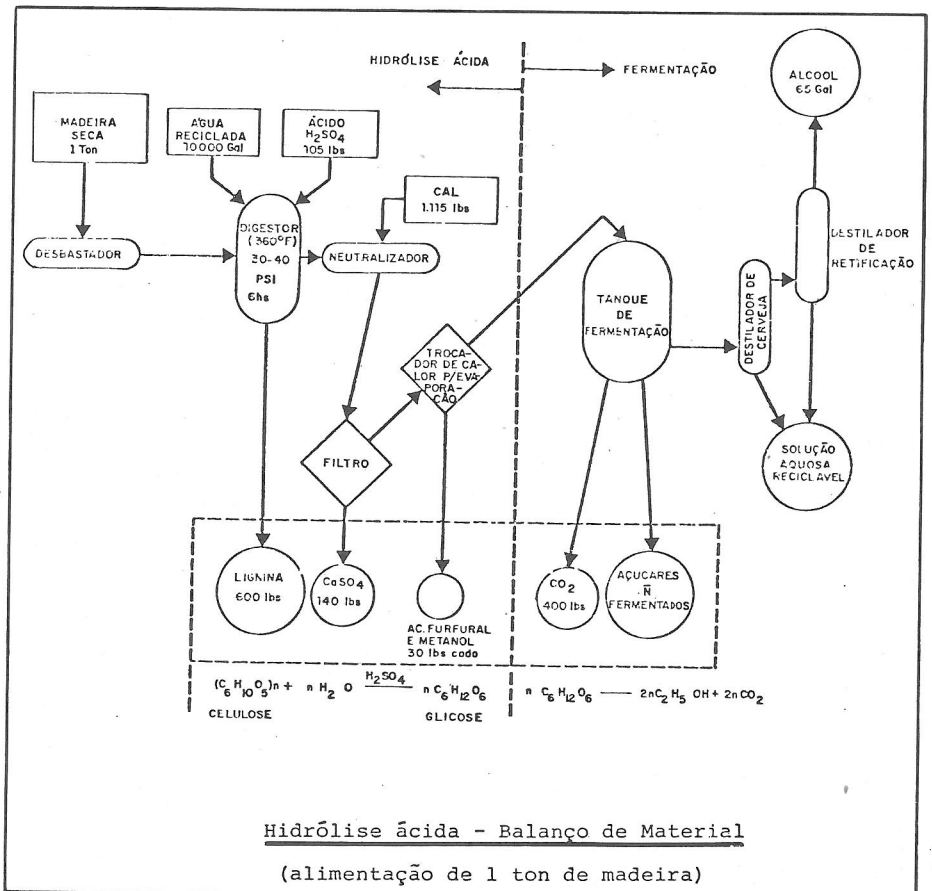
Possui grande extensão territorial — 583 mil quilômetros quadrados; baixa densidade populacional — cerca de 12 milhões de habitantes, sendo 60 por cento de população urbana, resultando em densidade demográfica média de 20 habitantes por quilômetro quadrado.

Outros aspectos favoráveis referem-se ao clima. O índice pluviométrico mineiro é de cerca de 1.500 mm ao ano caindo para 1.000 mm no Norte do Estado, na região do Polígono das Secas. As temperaturas médias oscilam entre 27°C (máxima) e 12°C (mínima). A média de insolação é de 2.500 horas ao ano, a uma taxa de 700 W por metro quadrado.

Atualmente o Estado conta com uma área de cerca de 600.000 ha de reflorestamento homogêneo, principalmente Eucalyptus Grandis. Os projetos já aprovados deverão elevar a área a 1 milhão de hectares em 1980. Além da área reflorestada, Minas Gerais conta com 5 milhões de hectares de mata natural, 14 milhões de hectares de cerrado e cerradão.

A produtividade média e a rotação é a seguinte:

— Eucalipto	— 140 st/ha	— 7 anos
— Mata Natural	— 200 st/ha	— 30 anos
— Cerradão	— 180 st/ha	— 15 anos
— Cerrado	— 100 st/ha	— 15 anos



Existem pelo menos três mercados específicos para estas reservas florestais, com objetivos que nem sempre são facilmente conciliáveis. São as serrarias, a siderurgia e a indústria de papel e celulose.

As metas de produção e consequente demanda para 1980 são as seguintes: para serraria, seriam necessários 2 milhões st/ano, para a siderurgia, 5 milhões st/ano, para a celulose e o papel, cerca de $2,3 \times 10^6$ t, pasta branqueada, 25×10^6 st.

Uma vez que cada uma destas utilizações da madeira empregam apenas uma parte da árvore — a serraria somente utiliza troncos, a indústria de papel e celulose só quer as partes de fibra longa e a siderurgia só deseja o que puder ser carvoeado — existe um excelente mercado potencial que pode utilizar os rejeitos para a produção de álcool. O processo em estudo pela Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, em conjunto com o Ministério das Minas e Energia é a hidrólise ácida da madeira.

No que diz respeito ao programa de pirólise e carvão vegetal, o nosso programa é integrado.

É possível melhorar a produtividade do

carvão em 70%, melhorando a técnica de carbonização, utilizar os finos, etc.

Da mesma maneira, na utilização siderúrgica é possível baixar 3 m^3 de carvão/tonelada de gusa atualmente empregados, para cerca de $1,8 \text{ m}^3$.

O limite é de ordem de 1 milhão de toneladas; quando se lembra que o carvão hoje utilizado tem cerca de 20 a 30% de voláteis e outros 20 a 30% de água. A simples melhoria da carbonização, a diminuição do teor de voláteis e o controle de umidade pode facilmente levar à utilização de fornos de cerca de 2 milhões de toneladas.

Vimos realizando com o Ministério da Agricultura, com o IBDF e várias outras empresas, estudos bastante detalhados voltados para os problemas de qualificação e seleção genética. Esse é um problema extremamente importante uma vez que os senhores sabem que praticamente só se produz, hoje, no Brasil, sementes de café e algodão. Tudo o mais é produzido no Exterior.

Dentro do mesmo programa, temos examinado a tecnologia corrente de carvoejamento, utilizando forno de alvenaria que está aí há anos.

Descobriu-se, entre outras coisas, que

esse forno é mais eficiente. Outra coisa importante é que, limitando-se o diâmetro dos troncos, evita-se a formação de moinhas. Se o tronco tem um diâmetro muito grande, a carbonização produz uma contração da madeira, gera-se uma tensão no centro do tronco; usando-se diâmetros menores, esse problema é evitado. A consequência disto é que em vez de o eucalipto fazer uma rotação de, por exemplo, 7 anos, ela seria diminuído para 5 anos, o que seguramente gera melhor utilização.

O problema do aproveitamento da tecnologia apropriada à situação vai desde a tecnologia que chamo de pé no chão até a tecnologia mais sofisticada.

Quando se discute o problema de custo, é preciso levar-se em conta o tipo de investimento que se usa. É possível, com um investimento baixo obter-se rendimento talvez não dos melhores tecnicamente, mas que tenham repercussões sociais extremamente importantes, porque frequentemente o uso de tecnologia sofisticada pode levar a um desemprego em massa na atividade carvoeira, por exemplo, que emprega 100 mil pessoas.

Assim, a busca de uma tecnologia apropriada à situação local, à situação brasileira, é que deve ser examinada com detalhe.

DEBATES

PAULO DA ROCHA CAMARGO — A primeira pergunta é do Sr. **Edgard Ghilardi**, dirigida ao Sr. José Israel Vargas:

Em que estado se encontra o projeto álcool de madeira amparado pela Fundação Centro de Tecnologia — CETEC, da Secretaria de Ciências e Tecnologia de Minas Gerais?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Acho que já me referi a isso na própria palestra. Nós até o momento temos feito um estudo bastante detalhado da tecnologia existente e da economia. Realmente, trata-se de pesquisa lápis e papel de um lado; de outro lado nós temos consciência que a dificuldade central de todo o problema de álcool a partir de madeira está ligado à hidrólise da celulose. Estamos diligenciando no sentido de tentar esclarecer o mecanismo da hidrólise, possivelmente a fim de encontrar uma melhoria nesse rendimento.

Como acabei de me referir na palestra, há grandes possibilidades de progresso na fase da fermentação. Então, quanto ao problema da economia global do processo, de se conseguir realmente grande rendimento na fermentação, baixando o custo de investimento na fase processual é possível, talvez, mesmo hoje compensar as desvantagens ou as dificuldades existentes com a fase de hidrólise de celulose.

P. R. CAMARGO — A pergunta seguinte é do Sr. **Norberto Lederer**, da Techint:

Já foi alguma vez cogitada a possibilidade de fabricar lenha e usar o gás para redução direta?

Como se formariam linhas de produ-

ção e investimento com a produção de ferro em alto forno de carvão vegetal?

Há possibilidade de usar lenha ou resíduos vegetais como redutor no forno baixo elétrico de redução?

Como se comparariam os custos de produção e o investimento com ferro gusa produzido em alto forno de carvão vegetal?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Acho que não tenho dados precisos de custos. Basta dizer que foram feitos estudos bastante detalhados pela ACESITA. Não há dúvida que é possível utilizar o gás na redução direta, de um lado. De outro lado também seria possível utilizarmos em baixo forno elétrico, mas o problema econômico é um pouco complicado. Como homem de Governo eu sou obrigado a pensar na economia global e, na siderurgia, pensar na sua economia parece vantajoso usar o gás no forno elétrico. Mas, eu lembro que o público está pagando a eletricidade subsidiada. Então eu sou contra utilizar a energia elétrica, nobre, que custou um investimento considerável para produção, utilizando num processo do qual nós temos alternativas mais baratas.

A esse propósito, há um preconceito no uso do carvão vegetal. É bom lembrar que em Minas Gerais, posso dizer aqui, de uma maneira um pouco chocante, se eu tivesse uma escolha eu teria feito a AÇOMINAS a carvão vegetal e não a coque. E que os investimentos atuais para usina a carvão vegetal são em torno de 600 dólares por tonelada, enquanto em uma grande usina a coque estão a 1.000 dólares por tonelada. É necessário fazer grandes esforços de melhoramento e de caracterização do nosso carvão, de estu-

dos e processos de carbonização, mas eu sou partidário da utilização de um recurso renovável num País como este, de grande expansão territorial, ensolarado, com recursos hídricos relativamente abundantes, em lugar de importar coque para fazer usinas.

P. R. CAMARGO — A pergunta seguinte é do Sr. **Chamel Champion**:

Se durante a pirólise da madeira para produzir carvão se pode queimar todos os gases de uma caldeira de força.

Se para quem necessita de vapor e energia é mais econômico queimar toda a madeira ou produzir o carvão para a venda e utilizar os gases para queimar em caldeira de força.

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Acho que a pergunta já dá qualificação para quem precisa disso. Quem precisa de carvão para fazer siderurgia deve produzir o carvão e utilizar o gás, por exemplo, na redução direta ou para gerar energia. Há um estudo feito pelo Centro de Tecnologia Tropical para uso de resíduos da floresta amazônica que aborda esses aspectos de maneira muito detalhada. Processos destinados à produção de energia e processos destinados à produção de carvão vegetal. Depende da situação. Onde houver, como no caso da região amazônica disponibilidade de comunidades isoladas em regiões isoladas é muito mais barato produzir energia de carvão vegetal do que em hidroelétricas.

P. R. CAMARGO — Pergunta do Sr. **Aluísio Alexandre**:

Foi feito algum estudo econômico de substituição de carvão vegetal pelo coque metalúrgico, resultante da carbonização da lignina obtida na hidrólise da madeira?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Sei que há um estudo. A mim foram apresentadas pequenas amostras de coque produzido a partir de lignina. Aí de novo o problema está condicionado à hidrólise para produzir lignina para a fabricação de coque, e sim para a produção de álcool. Em se fazendo a hidrólise, aproveita-se essa para diversos fins, inclusive para esse. Mas parece fora de propósito fazer hidrólise para produzir lignina para fazer coque. É melhor usar, nesse caso, a matéria-prima, do que o produto elaborado. O Instituto Nacional de Tecnologia tem trabalhado nisso.

P. R. CAMARGO — Pergunta do Sr. José Plácido:

Quais as possibilidades tecnológicas e econômicas da briquetagem de finos de carvão vegetal?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Nenhuma. Não tem sentido gastar energia para produzir energia. Existe estudo muito detalhado, feito no Centro Tecnológico, como também por várias empresas, entre as quais a ACESITA. Evidentemente, em países como Estados Unidos é interessante briquetar o fino de carvão para poder vender o carvão sem fumaça, para fazer churrasco, mas aqui não tem sentido, porque não chegamos ainda a esse ponto.

P. R. CAMARGO — Pergunta do Professor Felipe Franceschini:

Pediria ao Sr. Conferencista detalhar mais os trabalhos do CETEC na área de carvoejamento.

Quais as bases teóricas de utilização de tamanho máximo dos AF a CV, levando em conta os finos de CV perdido no próprio carvoejamento e no transporte até à usina? Quais seriam os percentuais reais?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — A última parte da pergunta, é da ordem de 15 a 20%. Isso é muito variado. O controle de qualidade não vem sendo muito praticado no Brasil e, nesse caso em particular, a minha suspeita é que a variedade da qualidade de carvão é muito grande, não só porque a matéria-prima é muito variada — e não estou falando só do equilíbrio — como também porque a própria técnica de carbonização varia.

Uma das coisas que estamos fazendo é tentar definir qual o tempo de carbonização ótimo para os fornos tradicionais. Medir as propriedades mecânicas do carvão, que até hoje não foram medidas, a não ser de maneira esparsa.

Eu diria que seria 15 a 20%, como típica, a perda de finos. Isso quanto à segunda parte da questão.

Quanto à primeira, é difícil de responder, a não ser que eu dispusesse de mais tempo para detalhar todo o programa, que vai desde a parte de seleção genética, técnica de plantio, espaçamento, demanda de fertilizantes — enfim, da semente ao produto final.

FELIPE FRANCESCHINI — Na área de carvoejamento, qual a situação do CETEC?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Temos quatro fornos elétricos com carga da ordem de 100

kg cada um. Estudamos carvoejamento de espécies diferentes de madeira, cineticamente, rendimento de produtos etc. Há um forno de alvenaria, no qual estamos medindo os gases produzidos, concentração, distribuição de temperatura e um pouco da marcha matemática do forno.

P. R. CAMARGO — Pergunta do Sr. Eduardozza:

Haveria possibilidade de recebermos lay-out da instalação citada. Qual a fonte a que podemos recorrer para obtê-la? Por que não favorecer um aproveitamento racional dos voláteis nas instalações e fábricas atualmente em uso? Que notícias podem ser dadas sobre os fornos de coqueificação de Pirapora, que usa como matéria-prima o babaçu? Por que não se utilizam máquinas compactadoras para aproveitamento dos finos?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Há pessoas, no Centro Tecnológico de Minas Gerais trabalhando no problema. Poderemos depois fornecer informações. No que respeita a lay-out, não há nenhuma novidade em termos de instalação, mas podemos fornecer todas as informações solicitadas.

Quanto ao babaçu, houve uma instalação de fábrica durante a Guerra, para produção de coque e destilação do babaçu, em Pirapora, feita pelo Dr. Vivaqua, Professor do Centro Tecnológico Orgânica de Brasília.

P. R. CAMARGO — Temos ainda a seguinte pergunta:

Por que não haver a produção dos voláteis?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Estamos tratando disto. A parte inicial da reação é endotérmica e a segunda parte é exotérmica — e então é possível economizar energia.

A Belgo Mineira tem fornos que usam o próprio gás — não sei se já estão em fase operacional, mas ela está trabalhando nesse objetivo.

P. R. CAMARGO — Temos uma pergunta do Sr. Arlindo Rocha:

O programa de carbonificação, com recuperação dos relatórios do CETEC, prevê a seleção e compra de tecnologia no exterior?

Em caso afirmativo, quais as condições, para que haja um desenvolvimento tecnológico 100% nacional, falta de recursos humanos, ou financiamentos, ou outros?

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Nós não pretendemos comprar tecnologia, porque afinal pretendemos gerar tecnologia nacional, o que não impede colaboração no sentido de troca de informações e participação de técnicos e cientistas estrangeiros, que será bem-vinda.

Acho que este é um campo onde as condições brasileiras são tais, que nós realmente temos chance de desenvolver tecnologia própria, e num certo sentido já a possuímos. Temos mais experiência, do que provavelmente a maioria dos outros países, particularmente na área de siderurgia.

Um grupo de engenheiros, da Siderúrgica Itatiaia, em Itauna, desenvolveu uma forma de vazamento contínuo. O Ircid, na França, desenvolveu uma aciaria contínua,

porém para que ela possa ser posta em prática depende do processo de vazamento aqui patenteado. Então, há necessidade de um entrosamento

Estou informado de que a Cia. Vale do Rio Doce está em entendimento com as Filipinas, para desenvolvimento de tecnologia siderúrgica, baseada em carvão vegetal, uma vez que os recursos vegetais nas Filipinas parecem ser consideráveis e, por outro lado, eles têm espécies de alto rendimento, que talvez nos interessem, do ponto-de-vista florestal.

Outra área de desenvolvimento tecnológico, ligada com essa, é a utilização do ácido acético, matéria prima nobre, que pode ser utilizada em reações químicas bastante sofisticadas. Seria interessante desenvolver o uso local de fornos relativamente pequenos, para esse objetivo.

O Centro Tecnológico descobriu que é possível dissolver 70% da apatita de Minas, em ácido acético, em solução de 20%, com o que se evitará a importação de enxofre, para a fabricação de ácido sulfúrico e com isso se pode contribuir para o aumento do rendimento da própria atividade florestal, com o uso de fertilizantes.

P. R. CAMARGO — Nosso tempo para debate está esgotado e antes de devolver a palavra ao Sr. Presidente, para a condução dos trabalhos, recebemos a informação de que um dos participantes pretende que seja encaminhado ao conferencista um texto, que eu irei ler e ele, se julgar conveniente, fará comentários a respeito.

O documento do Sr. Peter W. Prange, da Olinkraft/IPEF, a título de "Informação ao Conferencista", está assim redigido:

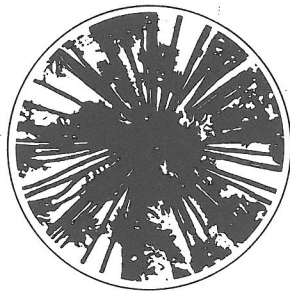
Formulou o autor que nosso país é apenas "dono" de sementes de café e algodão, importando por conclusão todas as sementes e florestais, contra o que temos a informar:

1. Sementes geneticamente melhoradas vêm sendo produzidas em quantidades comerciais pelos associados do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais — IPEF com acréscimos significantes, elevando inclusive rendimentos de madeira de 18 m³ esterres/hectare, segundo publicação oficial do PRODEPEF — IBDF para até 60-70 m³, segundo dados do IPEF, no caso Eucalipto Grandis.
2. Melhoramentos de sementes de Pinus tropicais e subtropicais vêm sendo feitas pelos 30 associados do IPEF, e convidamos o autor da exposição a visitar, oportunamente, os resultados.
3. Temos sido consultado a fornecer sementes de Eucaliptos para o exterior, inclusive de outras espécies, como bractatinga (leguminosa florestal), para os EUA, para servir como floresta de energia, para caldeiras de força, além de espécies — Eucalipto, resistente a clima frio, como o E. Viminalis, oriundos do Rio Grande do Sul, em área de produção de sementes, orientado pelo IPEF.

Estas são as informações que o Dr. Peter W. Prange queria que fossem encaminhadas ao conferencista, que certamente respondeu de maneira brilhante a todas as questões que foram submetidas à Mesa e formuladas na tarde de hoje.

JOSÉ ISRAEL VARGAS — Obrigado pela informação. Inclusive, com os dados que saem, temos sempre grande dificuldade de obter informações deste tipo.

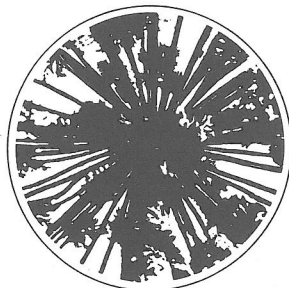
Seminário



FLORESTA
potencial energético brasileiro

PAINEL

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

PAINEL I

**"CASOS CONCRETOS
DE PRODUÇÃO DE ENERGIA
DERIVADA DA MADEIRA"**

Sessão realizada às 19h00 do dia
8/8/77 no Auditório E do Palácio das
Convenções do Parque Anhembi —
SP.

**PRONUNCIAMENTO:
MINISTRO ALYSSON PAULINELLI**

MESA DIRETORA

CONVIDADO ESPECIAL

— **ALYSSON PAULINELLI**
Ministro da Agricultura

MEMBROS

— **MAX FEFFER**
SÉRGIO LUPATELLI
PAULO DA ROCHA CAMARGO
PAULO A. BERUTTI
AFFONSO A. LIMA VITULE
ALEXANDRE HENRIQUES LEAL
FILHO
ROBERTO MALUF
LAERTE SETÚBAL FILHO

GOVERNO E EMPRESAS DEVEM CAMINHAR JUNTOS



ALYSSON PAULINELLI

Senhores participantes do Seminário, senhores dirigentes de órgãos, de entidades, caros Secretários que nos honram com suas presenças, tenho muita satisfação pela oportunidade de estar presente a este Seminário onde um tema tão palpitante vem à discussão, e, principalmente, pela perspectiva que o Brasil está oferecendo com a nossa experiência, que estamos formando conjuntamente, Governo e principalmente empresários, no setor florestal. Julgo que a oportunidade deste Seminário deve merecer, portanto, a atenção não só do Governo, das empresas de reflorestamento, mas de todos aqueles que se preocupam com o problema da energia, o seu uso alternativo e as fontes, principalmente permanentes.

Como Ministro da Agricultura, creio que os senhores gostariam mais de ouvir o que tem o Governo disposto como política florestal, o que tem o Governo sentido pela evolução de um esforço que se tem feito no País nestes últimos anos e como tem sido a avaliação e a própria evolução que desejamos.

Diria mesmo que o Brasil tem experimentado uma fase bastante importante no reflorestamento, principalmente do Centro-Sul brasileiro.

Temos procurado, ao analisarmos o reflorestamento do País, dizer que esta é a nossa segunda fase, já que reconhecidamente o Centro-Sul, onde se ocupou mais rapidamente o território brasileiro, teve sacrificadas as reservas florestais, que foram substituídas paulatinamente, quer seja para a formação dos centros urbanos, quer seja para a ocupação da fronteira agrícola, quer seja para a criação de infra-estrutura.

A verdade é que reconheceu-se que esta ocupação, que este desenvolvimento que se realizou no Centro-Sul brasileiro, provocou realmente um desflorestamento excessivamente grande e que nos cobraria um tributo bastante maior se não tomássemos medidas objetivas que viessem recompor o mínimo indispensável do nosso quadro.

As primeiras tentativas de ação do Governo, foram todas julgadas insuficientes e a própria ação da iniciativa privada nesse campo, naquilo que se pode chamar de primeira fase, pode ser chamada de insuficiente.

Esse reflorestamento que surgiu praticamente para atender aquela demanda localizada, seja de indústrias, seja de processamento, mas que demonstrava como preocupação, quase que exclusiva, a formação de uma matéria-prima completamente comprometida para aquela iniciativa.

Isto não viria trazer uma expectativa sequer de um uso alternativo, e muito menos da composição florística tão desejada nesta região brasileira.

Mas, temos que reconhecer naquelas primeiras iniciativas, o primeiro grande passo que se deu para a iniciativa reflorestadora no País. Estas empresas pioneiras se lançaram a uma atividade até então não conhecida; trouxeram pelo menos a certeza de que havia a necessidade de uma participação mais intensa da própria ação go-

vernamental, para que pudéssemos tentar a recomposição daquilo que havia sido destruído. Foi assim que o Governo se decidiu pela segunda etapa, em que ele também participaria. E, a partir de 1967, com a criação dos incentivos fiscais, abriu-se a oportunidade para o reflorestamento em grande escala, mesmo sem o prévio comprometimento de sua utilização, o que possibilitava ao País uma abertura da recomposição daquilo que tínhamos destruído, em termos mais realistas. Foi assim que o Governo se decidiu.

Nesta segunda fase, em que estamos vivendo ainda hoje e em que, provavelmente, ainda viveremos por alguns anos, há uma significação muito importante. Em primeiro lugar, mesmo em 1967, se falássemos na possibilidade da recomposição do quadro florístico da região Centro-Sul brasileira, onde se concentraram as primeiras atividades de reflorestamento, talvez fôssemos considerados otimistas. Talvez o Brasil alcançasse, num espaço relativamente pequeno, o equilíbrio entre a demanda e o plantio. Mas, felizmente, a decisão do Governo foi aquela em relação ao plantio. Mas, felizmente, evitou aquele processo de ele mesmo fazer, plantar, colher, principalmente dentro do bojo da própria estrutura da Lei. E não veio só o incentivo: o Governo abriu mão de recursos para fazer face às despesas, para atender ao próprio desejo expresso de desenvolvimento, a par destas atividades das empresas reflorestadoras. Creio que esta foi a grande abertura dada pelo Governo, em termos mais definitivos.

Considero, portanto, que a maior decisão não foi aquela em que o Governo, em si, colocou dinheiro para se processar o reflorestamento. Naturalmente, isto foi apenas a partida que criou as condições para um outro ponto. Principalmente na etapa pela qual estamos passando, com o esforço de reflorestamento no Brasil, foi o que de principal houve: exatamente o estímulo de se criar a empresa reflorestadora, dentro de moldes capazes de atender a uma demanda e às necessidades brasileiras. É natural, neste período de formação, ter-se a preocupação de consolidar-se uma estrutura. Muitas vezes, devemos admitir que não alcançamos, nestas primeiras iniciativas, nestes primeiros anos, as relações satisfatórias entre o custo de investimento e os resultados que dele se obtiveram. Isto é: creio que a nossa relação custo/benefício possa ter indicado, nos primeiros trabalhos, dados que não fossem muito alentadores. Mas, a verdade é a de que se tomou esta decisão; e, ao mesmo tempo em que isto acontecia, partia o sistema de empresas florestais a uma evolução bastante desejada. E, ao mesmo tempo, dentro do sistema anterior, os próprios empresários ou investidores, dispendo de recursos livres para incentivo fiscal, a cada dia passavam a acreditar ora na empresa reflorestadora, ora na própria atividade. Mas, o que era importante era que se ditava e se dava opção ao setor. Com isto, estimulou-se não só o desenvolvimento das empresas inicialmente cria-

das, como também a própria evolução dos recursos, em ritmo quase geométrico.

Esta evolução veio dando ao Governo algumas indicações, tiradas da experiência vivida nestes primeiros anos. Em primeiro lugar, a par de empresas eficientes, começaram-se a notar certos problemas de empresas menos eficientes, que procuravam muito mais o recurso na captação do que na obtenção de eficiência de recursos para o seu investimento.

Por outro lado, a busca permanente da soma de empresários em projetos que se denominaram "projetos integrados", também nos dava indicações de que devia o Governo, a cada dia, moralizar os seus instrumentos, no sentido de que evitássemos a dispersão dos recursos, evitássemos a não-programação da atividade, porque, à medida em que se desenvolvia o reflorestamento no País, iam-se abrindo novas oportunidades, seja para a atividade industrial e aproveitamento da madeira para polpa, mecânica e energia. Todas essas utilizações surgiam através de núcleos que se formavam, e não era justo que, à medida em que formavam esses núcleos, se permitisse a dispersão das atividades não atingíveis por programas viáveis. Outras naturais distorções também surgiram, nós temos que reconhecer. E, inclusive, a ponto de obrigar o Governo a sancionar o crescimento de algumas ou evitar e até mesmo proibir a permanência de outras empresas, por um processo seletivo. A partir de 1975, decidiu o Governo ter um melhor controle da programação dos incentivos fiscais. Sem retirar o apoio ao setor, decidiu pela formação dos fundos, em todos os incentivos fiscais; entre eles, o do reflorestamento. Foi uma outra decisão que vai permitir que haja uma evolução muito rápida desta segunda etapa.

Eu gostaria de conversar com os Srs. muito francamente neste Seminário, como tenho conversado outras vezes. Porque constitui para nós a preocupação de que o reflorestamento do Brasil não deve se situar exclusivamente naquele cujas limitações sejam as próprias limitações de recursos de Governo, de incentivos fiscais, mas que possa o reflorestamento do Brasil atingir uma terceira fase, que eu acredito que será muito salutar, não só em termos de aproveitamento racional dos nossos recursos florestais, mas principalmente do aproveitamento também energético dos recursos; este é o objetivo principal deste seminário que os Srs. pretenderam realizar.

E essa terceira fase vai exigir, tanto do Governo quanto de empresas reflorestadoras, como também dos próprios empresários, a evolução que se deseja para o setor. Nós reconhecemos que é indispensável que o Governo permita a evolução necessária ao setor, para que ela atinja o nível do terceiro estágio. E qual seria este nível? Aquele em que a atividade florestal do País atingisse realmente as condições de viabilidade econômica que lhe permitisse alçar, inclusive, a si mesmo, para fora dos próprios limites de recursos de que dispomos hoje no incen-

tivo fiscal, nos recursos especiais para ela alocados. Estamos tentando.

Não só no acompanhamento da evolução dos atuais esquemas ou sistemas de reflorestamento que se desenvolvem no País, estamos tentando por todos os meios. E, para isto, devemos reconhecer que esta etapa não surgirá exclusivamente de uma liberação de recursos por incentivos fiscais. Temos que encontrar algo com maior objetividade, estamos tentando buscar várias etapas. Em primeiro lugar, é necessário uma empresa mais racional, onde a atividade se processe dentro de parâmetros bastante razoáveis, com uma economicidade baixando esta relação custo-benefício, para tornar-se, na busca da sua produtividade, um rendimento, nos próprios serviços, diretos ou indiretos que presta. Deverá haver redução dos custos, para tornar cada vez mais viável a atividade dentro deste contexto.

Por outro lado, temos de reconhecer também que pouquíssima coisa se tem em pesquisa racionalmente colocada. As iniciativas neste campo ainda são muito apagadas, em termos brasileiros, e há de se reconhecer que, grande parte do conhecimento que se tem, surge muitas vezes através da própria iniciativa privada, quer seja por sua observação, e até mesmo fora de contextos daquilo que se chama de "pesquisa racional", mas dentro de observações, que são perfeitamente válidas, e que devem nos ajudar a completar dados, informações, na busca da melhor tecnologia que precisamos aplicar. E também há de se reconhecer que o próprio Governo, seja por qualquer fator, demorou, mas terá que entrar neste campo, fazendo também o seu investimento próprio, seja na formação de pessoal de alto nível, como tem feito, seja na montagem de processos de pesquisa, inclusive para regiões e espécies pioneiras, o que devemos encarar com a mesma ênfase com que se encaram outras atividades no campo rural brasileiro, como também a própria pesquisa no campo tecnológico. Seja para aquilo a que se chama aproveitamento nobre da madeira, seja no aproveitamento no campo energético, que não é menos nobre do que qualquer aproveitamento de que se faz uso, até hoje, no País. Portanto, são etapas que deverão estar bem ajustadas, para que se atinja este objetivo, com o qual acredito que todos devamos nos preocupar.

Por que estamos falando nisto? Quero, com cautela voltar a dizê-lo: normalmente, quando se vê um homem de Governo fazer uma observação, — não digo uma advertência, mas apenas uma observação — logo surge a indicação: "O Governo está procurando acabar com os incentivos fiscais". Não acredito que devamos ter uma interrupção dos incentivos fiscais de reflorestamento, especialmente agora, quando estamos no ápice da segunda fase, talvez na época mais decisiva. Porque esta segunda etapa foi a primeira que consolidou as empresas. Estamos com pelo menos 400 empresas no País, capazes de fazer

quase que um milagre. Em 1967, pensar-se que o Brasil poderia produzir 400 mil hectares num ano seria uma utopia, que se tornou realidade em 1976, ou seja, nove anos depois. Hoje, temos uma estrutura de reflorestamento no Brasil que, acredito, é uma das maiores do mundo.

Em segundo lugar, devemos pensar que esta etapa que está em evolução exige aquele outro momento, que é o de romper aquela condição em que o reflorestamento atinge a sua viabilidade econômica própria, o que, principalmente agora, não seria tão viável, a não ser para projetos de alta rentabilidade.

Mas, esses projetos já demonstraram, na primeira etapa, que foram insuficientes para se recompor o quadro florístico, que temos como meta básica.

Resta-nos, portanto, encarar, com muito cuidado, também a outra posição de que não podemos, sem nenhuma ilusão, manter permanentemente níveis crescentes de incentivos fiscais que viessem a atender à demanda florestal brasileira, especialmente no Centro-Sul, onde a demanda é crescente a cada ano, especialmente com as incertezas das fontes energéticas que hoje utilizamos. Podemos ter aqui amanhã realmente a grande abertura que temos no aproveitamento da energia solar-via fotossíntese, na geração de biomassa para a utilização como fontes energéticas.

Essa etapa é decisiva. Se nós nos acomodarmos, governo, empresas reflorestadoras e empresários, simplesmente numa situação em que apenas visa recursos governamentais, diretos ou indiretos, se possa atender a toda a demanda, estaremos negando um tremendo potencial, que tem o nosso País.

Quero dizer aos senhores que, como Ministro da Agricultura, sofro muito e vou contar porque, embora pareça estar fugindo um pouco. O que acontece em termos de agricultura em nosso País é que vejo muitas críticas — e aliás verifico que elas são feitas também em outras áreas, que não só da agricultura — relativas ao fato de que o Brasil não tem condições de competir, nem de produzir, pela sua baixa produtividade. Sempre digo que baixa produtividade em país tropical não é privilégio do Brasil. O que eu gostaria era que realmente comparassem a produtividade brasileira com a produtividade dos países localizados na sua mesma faixa tropical.

Ainda outro dia eu citava exemplo disso, quando estava numa conferência sobre nutrição. O assunto era nutrição com soja, em cuja produção o Brasil tem hoje uma presença muito grande. Um cientista de renome fazia comparações entre o índice de mortalidade do Brasil, pegando dados de Recife, de Belém do Pará, de Natal e de algumas cidades do Interior do Nordeste, da Amazônia, e os índices dos Estados Unidos da América do Norte, da Inglaterra, da França. Realmente esses dados chocavam a plateia, a ponto de quase provocar um pânico, porque se faz grande esforço neste País, proclamando que ele precisã

desenvolver-se, que é preciso criar mentalidade desenvolvimentista — e os dados apresentados chocavam por isso.

Em seguida eu ia fazer uma apreciação sobre produtividade do solo, mas pedi desculpas ao cientista, pedindo-lhe que fizesse as mesmas comparações entre as mesmas faixas do globo, com países como da África e Ásia, que estão localizados na mesma região tropical que o Brasil. Pedi-lhe que anunciasse os índices de mortalidade daqueles países em comparação com os do Brasil, para pelo menos dar um alívio aos meus conterrâneos brasileiros, que ali estavam sofrendo, arrasados por deficiência de informação. Realmente, podemos até nos vangloriar do fato de que apesar dos altíssimos índices de mortalidade que apresentamos, eles são muito menores do que os índices apresentados pelos países, que estão na mesma faixa tropical do globo, que o Brasil.

Aí os senhores verificam porque eu disse que sofro, tanto quanto os senhores, quando ouço dizerem que algo não é possível, porque temos aqui baixa produtividade. E eu só peço que as comparações sejam feitas com as dos países que estão no mesmo paralelo em que estamos.

O Brasil não tem áreas além do paralelo 30, onde se situam as melhores áreas para agricultura, para produção de alimentos. Ali se desenvolve a melhor agricultura de toda a história da humanidade. Ali se encontram as condições ideais para a produção de trigo, de soja, de milho, porque são culturas anuais, que dependem de condições ideais, como aquelas encontradas além do paralelo 30. Aí a natureza se estabiliza. A natureza dorme por três meses, para receber depois, no impacto de uma primavera e de um verão exuberantes, aquilo de que necessita e dar então tudo o que pode naqueles outros seis meses, para recuperar o tempo perdido. Daí advém a grande produtividade agrícola de produção de alimentos, porque o solo dispõe da umidade gerada pela própria deposição do gelo, e recebe um calor mais intenso, normalmente, pela posição do sol, tem iluminação de 18 ou 20 horas por dia, conforme o paralelo em que a área se localize; há maior intensidade na geração de reserva de planta, pela presença de maior insolação, maior fotossíntese e é natural, portanto, que essas regiões do globo tenham muito melhores condições de produção de plantas naturais, do que as nossas.

Pagamos um tributo. Pagamos esse tributo, mas temos a consciência de que estamos conseguindo para o Brasil a condição de ser o primeiro país tropical a realmente montar um sistema de produção.

Estamos investindo, agora mais do que nunca, em tecnologia agrícola. Eu pelo menos desejo deixar o Ministério com uma marca a meu favor: já consegui multiplicar por vinte os recursos que encontrei aplicados em pesquisa. Mas isso ainda é pouco, não obstante suficiente para termos criado uma equipe e um modelo. Hoje treinamos mais de mil técnicos nas melhores universidades do

mundo, em contato com os melhores centros de pesquisa do mundo, e que agora estão aqui trazendo tudo o que lá fora havia de bom, para adaptar às nossas novas condições e principalmente para criar uma tecnologia para a produção em nosso País tropical.

Vejam que é um tributo caro. Não somos um país rico, que tem sobras. Pelo contrário, o Brasil é um país carente, mas que está fazendo esse investimento.

Eu costumo dizer: já estamos começando a incomodar os países de zonas temperadas, porque já estamos produzindo soja mais barato. Já começamos a produzir milho em nível de produtividade melhor do que de regiões mais temperadas do globo. Temos duas culturas de milho: a do Paraná, é uma que, em termos de economia de mercado, não está perdendo em produtividade. E já começamos a produzir trigo. Muitos dizem: "ah, mas a produtividade é baixa". Está certo, no Alabama, nos Estados Unidos da América do Norte, a produtividade não passa de mil, enquanto que a do Paraná vai ultrapassar isso.

De forma que estamos pagando um tributo, mas vamos caminhando.

Por que eu citei tudo isso?

Foi para que pensássemos um pouco, que se estamos pagando um tributo caro para produzir aqui, para criar aqui um novo sistema de agricultura de zona temperada em zona tropical — e dizem que não há mal que não traga consigo pelo menos algo de bom —; se pagamos o tributo de ter um clima sempre quente, onde não há uma paralização biológica no solo, onde a atividade se processa, às vezes, descontroladamente, com prejuízo, durante os 12 meses do ano, para uma cultura como a do trigo, para uma agricultura mais requintada, como de tomate e de batata e outros produtos, que temos apanhado bem — o próprio feijão, muito sensível a essas variações — temos de lembrar que existe uma compensação: é que esse mesmo clima possibilita a atividade biológica 12 meses por ano e através disso, dessa atividade biológica permanente, o crescimento, o desenvolvimento de certas espécies, é muitas vezes maior do que o desenvolvimento das espécies de outras regiões do globo.

É a tal história: o Brasil ainda é dependente de determinadas espécies florestais, talvez principalmente no campo de papéis especiais. Em compensação, uma região do globo, cujo ciclo da planta não é inferior a 60 anos, perde para o Brasil onde essas mesmas plantas têm um ciclo cinco vezes menor; outras espécies, de ciclo mais curto, aqui têm ciclos menores ainda.

São as compensações.

Se pagamos o tributo e vamos ter de fazer uma agricultura mais difícil, mais árdua, mais cheia de imperfeições para a produção de grãos, de determinados alimentos que exigem uma adaptação mais intensa e mais constante, levamos, por outro lado, uma tremenda vantagem na atividade biológica permanente das plantas, que transformam,

pela insolação permanente, pelo calor, pela umidade que se tem em grandes áreas brasileiras, a permanente evolução da espécie, que nos dão a garantia de rendimentos altamente vantajosos.

Só queria que alguém perguntasse sobre o rendimento da floresta brasileira, em comparação com o de outros países, que vivem dizendo que são mais produtivos do que o Brasil em termos de produção agrícola. É que normalmente olham sempre para o lado negativo, e o nosso Governo vive constantemente preocupado com isso.

Talvez seja prematura esta indicação, como provavelmente tenha sido igualmente prematura a indicação feita em 1967, quando o Governo se dispôs a montar um sistema, que viesse, se não solucionar, pelo menos minimizar os nossos problemas.

Eu diria, quem sabe, que estamos vivendo agora exatamente aquele momento em que já temos certezas absolutas de que os recursos energéticos não renováveis estão em fase de exaustão. Queiram os Céus que não haja erros nas previsões das reservas de petróleo do mundo, porque estaremos, nesta década, numa situação muito pior do que a de hoje.

Queira Deus que também não sejam tão negras as análises dos resíduos, principalmente das usinas, para aproveitamento de elementos radiativos e que não exista tanta poluição radiativa no efeito da utilização dessa energia, onde as reservas também não são inesgotáveis.

Queira Deus que realmente possa o homem encontrar uma solução mais racional, em termos da utilização da energia. É nenhuma época tem sido mais racional e viável do que aquela aproveitada pela planta na fotossíntese, que gera, consome-se, recompõe-se pela sucessão da vida e permite a energia absolutamente renovável e em condições que todos sabemos são perfeitamente viáveis para a nossa utilização.

Aí sim, se encontrarmos essa fórmula, não tenho dúvida que os países tropicais do globo, que pagaram o seu tributo pelas condições sempre mais adversas dos seus sistemas produtivos, haverão de encontrar compensação bastante vantajosa.

É por isso que sempre alertamos — e se for o termo próprio, advertimos mesmo — de que estamos vivendo hoje, mais do que nunca, os momentos decisivos para o futuro daquilo que hoje chamamos de quadro do reflorestamento do Brasil, pelas imensas oportunidades que ainda estamos tendo, pela disposição — que venho renovar aqui — do Governo em manter o esforço para a liberação dos incentivos dentro de um quadro considerado, se não ótimo, pelo menos razoável.

Vamos analisar e haveremos de concluir que têm crescido, desde 67, os recursos que o Governo tem aplicado no setor, e crescido de maneira bastante razoável. Não sabemos se o crescimento pode ser imaginado como tendo a mesma proporção quase geométrica, que vem tendo, mas sabemos que a disposição do Governo é continuar a esti-

mular essa área, que ele reputa da maior importância, não só para a solução da recomposição do quadro florístico, já que se observa com muito interesse a possibilidade da sua utilização também no campo energético. Só que para isso temos de enfrentar, com muita decisão, a entrada da terceira etapa, evitando-se os naturais desperdícios, buscando a maior racionalização, tentando transformar uma atividade, que se reconhece ainda dependente, numa atividade economicamente viável e possível de ter a sua evolução independentemente de recursos limitados que possam estar à sua disposição.

Acreditamos que o Brasil se encontra numa fase privilegiada, não só por ser um país tropical, de desenvolvimento biológico de 12 meses, permanente, mas principalmente porque conseguiu estruturar um sistema, através das suas empresas reflorestadoras, que têm capacidade de buscar essa evolução. Este, acredito, é o ponto principal, no qual estamos estimulados a buscar essa mais rápida evolução, pagando, do nosso lado, o tributo que nos cabe, procurando manter, repito, os recursos nesta fase decisiva em que estamos, para incentivos, procurando melhorar a nossa atuação no acompanhamento, na análise, no estudo desses projetos, pedindo que tenham contrapartida das empresas, como também a nossa disposição em ampliar a nossa atuação no campo da pesquisa, no que diz respeito à nossa área.

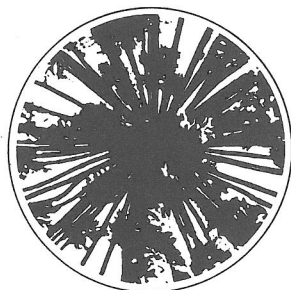
Tenho recebido reivindicações, que julgo serem as mais procedentes, e até mesmo críticas, pelas naturais demoras que sempre ocorrem na montagem desses sistemas de pesquisa. Mas foi tomada a decisão. Estamos procurando ter as condições, não só financeiras, mas principalmente materiais e humanas para caminhar mais rápido com programas objetivos e bem definidos, e espero que a iniciativa privada também se possa associar ao Governo, participar com ele da tarefa tão importante de encontrar as melhores soluções tecnológicas, principalmente para a atividade florestadora ou reflorestadora do País.

Creio que esta mensagem precisava chegar aos senhores, porque sei que não vim pregar no deserto.

Repito: julgo privilegiada a posição brasileira para enfrentar, na etapa que vivemos, problema dessa natureza. Como Governo, diria mesmo que nos orgulhamos de em apenas nove anos ter montado um quadro de maneira tão rápida quanto se montou, em termos de recomposição do quadro florístico no Brasil.

Meus amigos, as oportunidades aí estão à nossa frente. A decisão não há de ser apenas do Governo, porque só governo não realiza aquilo que precisamos. Acredito que se mantivermos este mesmo clima de entendimento, de trabalho, de convicção, como temos encontrado neste campo, não tenho dúvida de que os senhores estão aqui reunidos para discutir um assunto, que se parece tão distante, pode tornar-se tão próximo, quanto a evolução que tivemos no reflorestamento do Brasil.

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

PAINEL I

**Sessão realizada às 20h00 do dia
8/8/77, no Auditório E do Palácio das
Convenções do Parque Anhembi —
SP.**

**PIRÓLISE DA MADEIRA — USINA
DE AUVERGNE, FRANÇA**

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— ROBERTO DE MELLO ALVARENGA
Secretaria da Agricultura — SP

MODERADOR

— NELSON LEVY
Presidente da APR

CONFERENCISTA

— MAURICE BERGONZO
Cerchimie, França

PIRÓLISE DA MADEIRA USINA DE AUVERGNE, FRANÇA

Maurice Bergonzo

Sumário Summary

Informações gerais sobre o processo Lambiotte de carbonização da madeira, e posterior recuperação e tratamento dos produtos químicos pirolizados.

Descrição detalhada das várias fases e etapas da pirólise, de acordo com o modelo da usina existente em Prémery, na França, operacionalizada pelo Grupo Cerchimie.

Considerações sobre os diferentes parâmetros utilizados na elaboração de um projeto industrial dessa natureza, desde a qualidade da matéria-prima utilizada e dos produtos finais obtidos, até ordem de grandeza dos investimentos necessários e balanço energético do complexo.

Auvergne Plant, France

General information about the Wood burning Lambiotte process, and ulterior recovery and treatment of the pyrolysed chemical products.

Detailed description of the several stages and phasis of pyrolysis, according to a plant standard existent in Prémery, France, operated by the Cerchimie Group.

Considerations on different parameters used in the elaboration of an industrial project of this nature, from the quality of the raw material used and of the final products obtained, to the extent of necessary investments and energy budget of the complex.



O Eng.º Maurice Bergonzo, é formado pela Escola de Química de Marselha. É engenheiro da Escola Nacional Superior do Petróleo e de Motores.

Ocupa, atualmente, o cargo de engenheiro de produ-

ção da Usina de Ácido Nítrico e Uréa na Cia. Francesa de Carvão Mineral; é engenheiro de projetos na mesma empresa; é chefe de Grupo na Sociedade de Projetos "Tecnip" — Grupo "ADUBOS"; é diretor geral de "CERCHIMIE", desde 1975; é licenciado de Lambiotte.

PIRÓLISE DA MADEIRA USINA DE AUVERGNE, FRANÇA

Maurice Bergonzo

Senhores, eu represento 3 firmas: a firma que dirijo na França: Cerchimie; a companhia Lambiotte, que detém o processo de carbonização e de pirólise da madeira — da qual sou licenciado; e a firma Indusplan, Consultoria de Projetos, brasileira, com sede em São Paulo, que é licenciada das duas empresas acima, e que tem toda a autoridade para comercializar o processo Lambiotte na América Latina.

1. INTRODUÇÃO

A seguir vamos falar da utilização da madeira como fonte de matéria-prima para pirólise e carbonização, afim de obter carvão para uso siderúrgico, como se faz a unidade que construímos em Wundowie na Austrália, e também sob a recuperação dos subprodutos obtidos a partir dos gases, sub-produto da carbonização.

2. CARBONIZAÇÃO E QUÍMICA DA MADEIRA

2.1. Carbonização

A madeira constitui uma matéria prima muito rica, podendo fornecer, não somente carvão, tendo um poder calorífico superior ao da hulha sob o aspecto energético, mas também tendo um poder redutor superior ao do coque de carvão do ponto de vista dos usos metalúrgicos.

Infelizmente, nos países da Europa Ocidental, a indústria da madeira em grande escala conheceu, desde seus primeiros desenvolvimentos (fim do século XIX) a concorrência da hulha. Sem falar dos problemas geográficos (mina de ferro e carvão a proximidade), o preço de custo inferior do carvão e do coque de hulha freiou a expansão da indústria da madeira. Foi assim que, do ponto de vista metalúrgico, a utilização do carvão de madeira foi limitada no tratamento dos minerais de metais nobres e na eletrometalurgia.

A crise energética mundial destes últimos anos deu, de novo, toda sua importância à madeira. De fato, pegando somente o exemplo da França (que não é um grande país florestal), e mais precisamente do Departamento da Nièvre, onde está implantada a usina de Prémery, é muito importante saber que 16.000 hectares de florestas correspondem a uma carbonização de 100 t/dia, mediante um retorno de corte, todos os 20 anos. Portanto o Departamento da Nièvre conta com 200.000 hectares de florestas.

Assim, a madeira é uma das raras matérias primas energéticas rapidamente renovável, o que não é o caso, naturalmente, do petróleo e do carvão.

2.2. Química da madeira

Além de se conseguir carvão, a carbonização da madeira permite obter:

- primeiro: gases combustíveis utilizados na maioria dos casos para a instalação de carbonização.
- Segundo: uma fração líquida condensada chamada "líquido pirolenhoso". Esta fração é muito rica em produtos químicos variados que podem ser conseguidos a partir de técnicas extrativas tais como:
 - destilação fracionada;
 - extração por solvente específico;
 - decantação;
 - cristalização fracionada.

O conjunto desses produtos são representados sobre o Quadro I.

Nesse setor, a química da madeira, como também a carbo-química, achou-se na Europa Ocidental, em presença da química de síntese de origem petrolífera, e foi assim que a fabricação dos principais produtos, sendo metanol e ácido acético, conheceu e conhece ainda condições de rentabilidade extremamente críticas. Contudo, não aconteceu o mesmo seguindo os períodos conjunturais de outras moléculas mais elaboradas. Enfim, como nos casos da carbonização o aspecto econômico deve ser estudado considerando a conjuntura dentro do tempo e do espaço, norma evidente mas ainda mais predominante neste tipo de indústria.

Voltaremos sobre esse tema.

3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS LAMBIOTTE

3.1. Características gerais

Os processos LAMBIOTTE caracterizam-se:

- pelo rendimento máximo em carvão de madeira, que se explica pela temperatura relativamente baixa da carbonização;
- pela carbonização possível de todas as essências de madeira, ilustrada pelas numerosas referências de LAMBIOTTE: França, Espanha, Tchecoslováquia, Austrália;
- pelo funcionamento absoluto do forno que se traduz por:

- uma excelente homogeneidade do carvão obtido,
 - uma grande facilidade de exploração (mecanização completa da alimentação e esvaziamento dos fornos),
 - pela obtenção do carvão de qualidade siderúrgica (1) devida, em particular, ao baixo teor em matérias voláteis (6 à 7%);
 - pela recuperação integral do ácido pirolenhoso formado durante o processo de carbonização;
 - pelo domínio das diferentes técnicas de obtenção da quase totalidade dos produtos químicos valorizáveis, contidos no ácido pirolenhoso.
- (1) Certas realizações são completamente integradas a complexos siderúrgicos (em particular, Wundowie na Austrália).

Vamos descrever abaixo as principais unidades da usina de Prémery (França).

3.2. Unidade I — Carbonização (Esquema I)

Essa unidade possui 3 setores:

- Setor 100: Estocagem e preparação da madeira.
- Setor 200: Secagem Carbonização propriamente dita.
- Setor 300: Classificação, estocagem, condicionamento e expedição.

3.2.1. Setor 100 — Estocagem e preparação

As madeiras úmidas, chegando da exploração florestal, por caminhão, têm um comprimento de 1 a 2,00 m.

Elas são estocadas num "hall" coberto e em seguida levadas por um transpalet 1 L 101 para serem cortadas, com a serra automática 1 Y 101, em pedaços de 33 cm de comprimento (diâmetro compreendido entre 5 e 15 cm).

A madeira úmida cortada pode ser, em seguida, enviada ao estoque intermediário ou ser transportada diretamente (transportadores 1 L 102, 103 e 104) em direção do silo com tampa 1 Y 102 acoplado ao skip — 1 L 201.

3.2.2. Setor 200 — Secagem e Carbonização

• Secagem

A secagem, como a carbonização, é decomposta em 2 linhas paralelas idênticas, tratando cada uma 175 t/dia de madeira. Uma só dessas correntes será descrita a seguir.

O skip 1 L 201 alimenta o forno de secagem 1 H 201 de uma maneira automática (um controlador de nível da carga do forno comanda o funcionamento do skip).

Por outro lado, a alimentação faz-se por carga regular, sendo que o "skip" é montado sobre um dinamômetro em posição baixa, dinamômetro comandando o silo com tampa 1 Y 102.

Quando ao esvaziamento da madeira seca, ele é também automático e se efetua na base do forno por meio de um fundo giratório colocado sobre 4 roldanas motores. Assinalamos que, na realidade, é o esvaziamento do forno, por intermédio do nível de carga, que comanda a alimentação, tornando assim o ciclo de passagem da madeira completamente automático.

O forno propriamente dito 1 H 201 é um forno cilíndrico vertical.

Nesse aparelho, a secagem é assegurada por um circuito de gás quente injetado na massa da madeira, um pouco acima da semi-altura do forno; a corrente gasosa se divide então em 2: uma parte circula de baixo para cima, contra a direção da madeira, o que assegura essencialmente a subida da temperatura e o começo da secagem; a outra parte circula de cima para baixo, paralelamente à madeira, e retira desta última a umidade em excesso. As duas correntes gasosas reúnem-se na aspiração de um ventilador, e o conjunto passa em um centro 1 H 202 onde ele é aquecido por combustão de gás incondensável proveniente da carbonização e eventualmente de uma adição de fuel; a temperatura

de injeção dos gases quentes na madeira varia entre 150 e 170°C, dependendo da umidade da madeira que entra; a umidade da madeira que sai é mantida entre 15 e 20%. O ventilador 1 V 201, situado no topo do forno assegura a evacuação na atmosfera dos vapores e gases queimados.

• Carbonização — princípios

A carbonização de uma madeira sem água é exotérmica. No caso de madeiras folhosas habituais da França, a operação é termicamente equilibrada com uma madeira com 8% de umidade; para poder estar seguros, utiliza-se madeira com 13% de água no mínimo, sendo 17% um valor médio. Temos então uma contribuição exterior de calor. Jogando sobre sua importância pode-se regular a velocidade de carbonização.

• Carbonização — circuito da madeira

O forno de carbonização 1 H 202 é do tipo vertical, cilíndrico, como o forno de secagem 1 h 201.

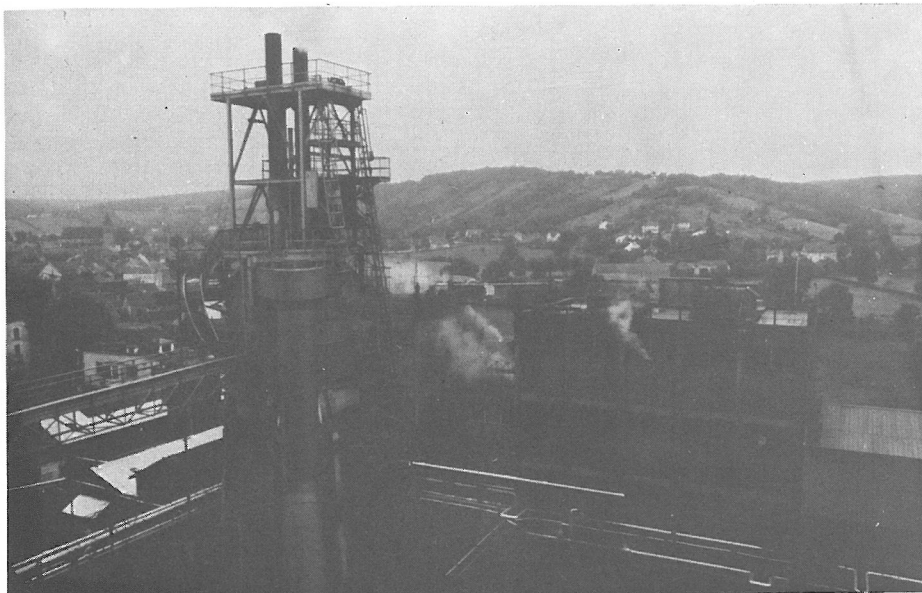
A madeira é retomada na saída do fundo giratório, e em seguida peneirada através 1 N 201, antes de ser carregada sobre o silo-balança 1 Y 201, alimentando em carga regular o skip 1 L 203. O conjunto peneira, balança e skip é comum às 2 linhas de secagem-carbonização.

Como no caso dos fornos de secagem, o esvaziamento e consequentemente o nível da carga do forno, comandam a alimentação, de uma maneira automática.

O esvaziamento é assegurado por um braço raspador, que varre o fundo fixo localizado na base do forno. O tempo de rotação do braço raspador fixa o enchimento da caldeira de evacuação 1 Y 202.

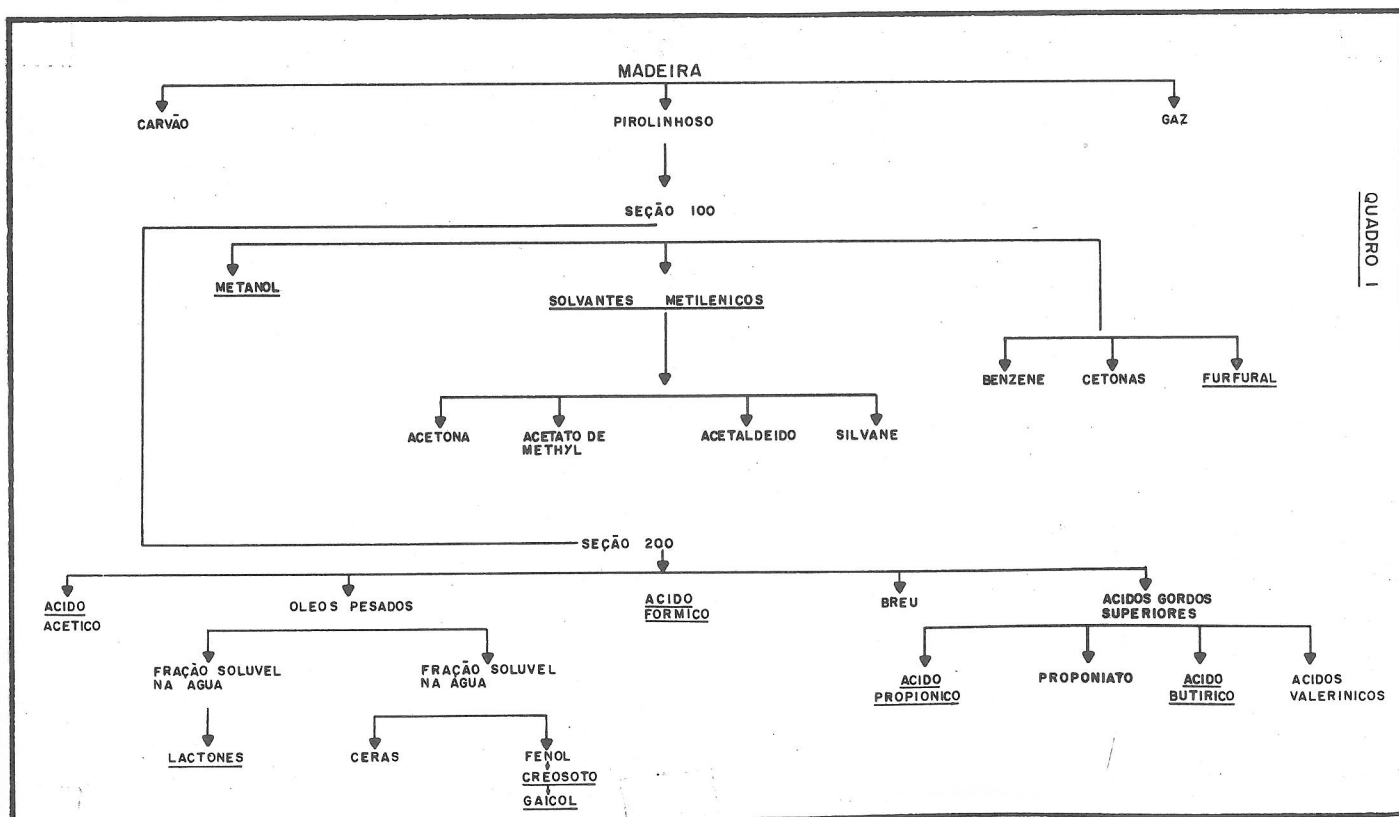
• Carbonização — circuito dos gases

O conjunto dos gases resultante da carbonização e do aquecimento dos fornos é as-



FORNO DE SECAGEM

(no fundo edifícios das unidades de Química: metanol e ácido acético).



pirado na parte superior em direção do circuito de recuperação do ácido pironhoso que será descrito ulteriormente.

Uma vez que o ácido pirolenhoso for separado, os gases incondensáveis são aspirados pelo ventilador 1 V 204 e enviados em 4 direções:

- aproximadamente 10% são queimados no centro 1 H 203 com uma falta de ar. O gás de combustão é reinjetado no forno de carbonização, mais ou menos a meia-altura, para poder trazer as calorías necessárias. A temperatura de carbonização é de 550 à 600°C.
- aproximadamente 50% são enviados na parte inferior do forno, acima da caldeira

1 Y 202 e atravessam o forno em contra-direção do carvão de madeira. Eles asseguram o resfriamento do carvão na parte inferior e o pré-aquecimento da madeira na parte superior.

— aproximadamente 30% são utilizados para o aquecimento dos secadores.

— aproximadamente 10% estão disponíveis para a produção do vapor ou para qualquer outra utilização térmica.

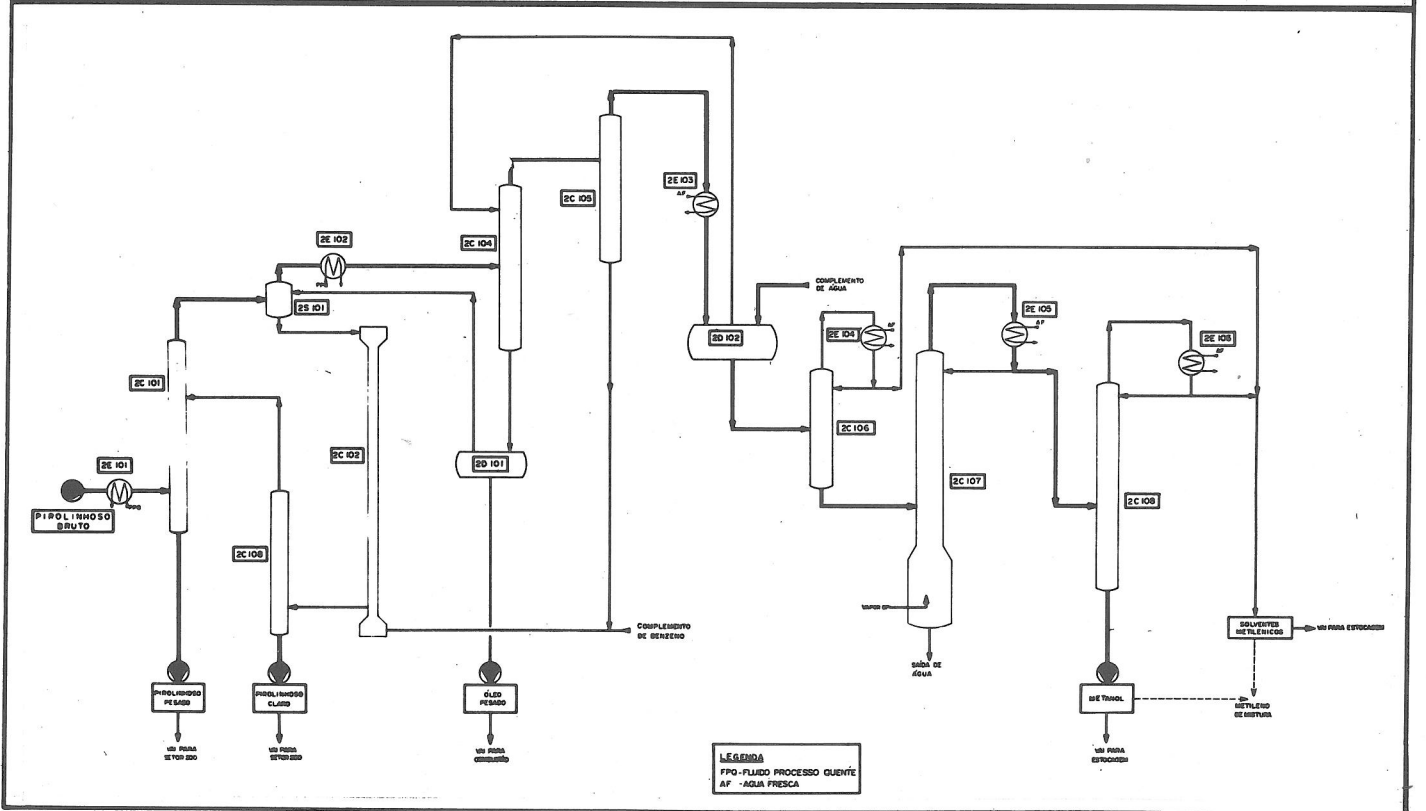
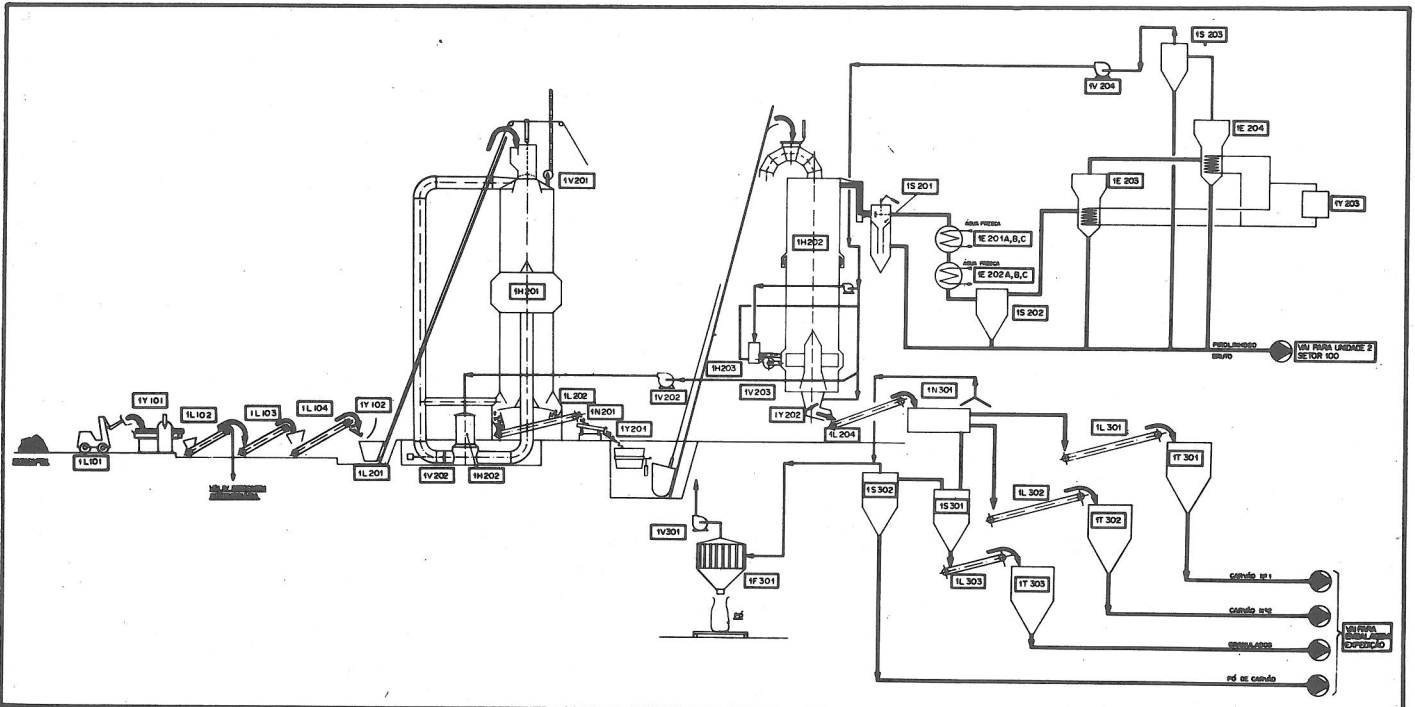
Essas 2 últimas frações são retomadas pelo ventilador rele 1 V 202.

• Carbonização — circuito de recuperação de ácido pirolenhoso.

Neste circuito, a saída dos gases é assegurada pela aspiração do ventilador 1 V 204.

Da saída superior do forno 1 H 202, os gases passam dentro de um primeiro separador 1 S 201 onde são depurados das gotas mais pesadas. Na saída de 1 S 201, os gases são condensados numa série de refrigeradores de água 1 E 201 A, B e C e 1 E 202 A, B e C, seguidos do separador 1 S 202, dentro do qual os pirolenhosos condensados são extraídos por baixo e os gases aspirados pelo alto.

O último andar de condensação (trocadores-separadores — 1 E 203 e 204) é resfriado por uma salmoura à -30°C vindo do grupo frio 1 Y 203.



Uma última separação é feita antes da aspiração por 1 V 204 no ciclone 1 S 203.

Enquanto as frações líquidas recolhidas na base dos diferentes separadores são enviadas ao estoque de ácido pirolenhoso, os gases incondensáveis são retomados por 1 V 204 em vista da re-utilização dos seus poderes caloríficos.

Em resumo, os gases contendo o ácido pirolenhoso tiveram uma primeira separação, seguida de uma etapa de condensação à 25°C, mais uma segunda etapa a 30°C e, por fim, uma última separação; assim a totalidade do ácido pirolenhoso pode ser retirado, o que conduz a um rendimento máximo em produtos químicos a serem extraídos nas unidades de tratamento do pirolenhoso

3.2.3. Setor 300 — Classificação — Estoque — Condicionamento e Expedição.

Na saída do forno de carbonização, o

carvão de madeira é peneirado dentro 1 N 301 e separado em granulometrias comerciais:

- "Cadet" de 20 à 60 mm, destinado principalmente à venda de pequenos pacotes p/ churrasqueiras.
- "Braisette" de 10 à 20 mm, destinados principalmente para uso industrial (eletrometalurgia).
- "Granulados" de diversos tamanhos (3-6 mm, 6-10 mm, etc.).
- "Poussier" inferior a 1 cm.
- "Pó impalpável" de 5 à 15 microns.

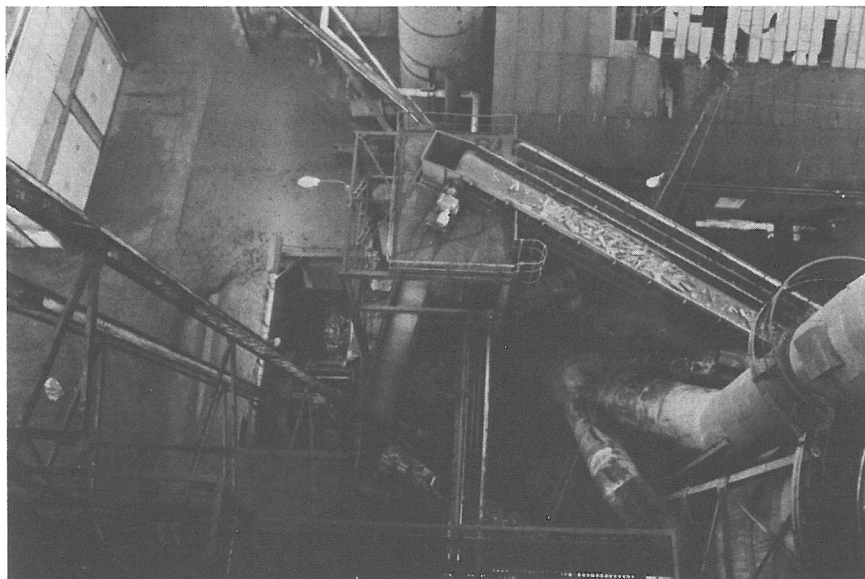
As 2 últimas categorias provem, na realidade, das instalações de limpeza (ciclone 1 S 302, filtro com cabos 1 F 302).

As diferentes categorias são estocadas nos seus respectivos silos onde o carvão é estabilizado durante aproximadamente 48 horas antes de poder ser condicionado em sacos e expedido.



FORNO DE CARBONIZAÇÃO

(Carregamento automático do forno em madeiras secas).



Alimentação contínua do forno de carbonização à partir do forno de secagem.

Transportadores de saída dos fornos de secagem, peneira, silo dosador e skip de alimentação do forno de carbonização.

(Na frente, tubulação de distribuição dos gases quentes na saída dos fornos de secagem).

3.3. Unidade 2 - Tratamento do "pirolenhoso"

Como já assinalamos no § 2.2., os produtos que podem ser obtidos a partir do ácido pirolenhoso são muitos. Podemos apresentar aqui, somente as unidades de extração dos 2 grandes produtos de base da indústria da madeira que são o metanol e o ácido acético.

3.3.1. Setor 100 — Desalcoólização do pirolenhoso

Obtenção do metanol (esquema II)

O pirolenhoso bruto, previamente aquecido por um fluido, processo quente dentro de 2 E 101, é admitido na coluna de destilação 2 C 101 onde se obtém:

- no fundo, o pirolenhoso pesado, com breu e desalcoólizado, enviado no setor 200.
- na frente, vapores pirolenhosos que são depurados dentro do separador 2 S 101, regados pela fase ligeira do decantador a óleo 2 D 101.

As frações pirolenhosas solúveis, nessa fase ligeira, são tratadas por extração ao benzine, dentro da coluna em contra-direção 2 C 102.

A mistura benzine-pirolenhoso é destilada dentro de 2 C 108, onde obtemos:

- No fundo o "pirolenhoso claro" enviado no setor 200.
- Na frente, vapores de benzine impura admitidos no setor retificação da coluna 2 C 101 a benzine se escapando em seguida com os vapores pirolenhosos da frente de 2 C 101 em direção do separador 2 S 101.

Os vapores não absorvidos dentro de 2 S 101 contém principalmente água, frações metilênicas, do benzine e dos óleos. São aquecidas por um fluido, processo quente, dentro de 2 E 102, antes de serem admitidas dentro da coluna 2 C 104 que separa no fundo uma fração oleosa decantada dentro de 2 D 101 (a fase pesada constituindo os óleos pesados é enviada para combustão, a fase leve constituindo o líquido de lavagem admitido em frente de 2 S 101).

Na frente de 2 C 104, encontramos uma mistura clássica água/benzine/metileno. Essa mistura é condensada dentro de 2 E 103, depois é decantada dentro de 2 D 102, que recebe uma adição de água bem leve, de maneira a recuperar o máximo possível de metanol. A fração leve de 2 D 102 constituída por benzine é enviada em refluxo na frente de 2 C 104.

A fração pesada contém metanol, água e solventes metilênicos, que são separados na coluna 2 C 106.

Obtenção do metanol

O metanol impuro é obtido em fundo de 2 C 106; é desidratado na coluna 2 C 107 e, finalmente, depurado na coluna 2 C 108.

A água proveniente de 2 D 102 e do vapor de stripping é extraída no fundo de 2 C 107. As últimas impurezas (solventes) são extraídas na frente de 2 C 108 e vão encontrar os solventes obtidos na frente de 2 C 106.

Obtenção do Metileno "régie"

Trata-se de reconstituir um metanol "impuro" por meio de uma mistura de metanol e solventes metilênicos.

O metanol assim obtido, e contendo 5 à 6% de impurezas, é utilizado como desnaturizador do etanol de todos os usos, para diferenciá-lo administrativamente do etanol dito de "boca".

3.3.2. Setor 200 — Obtenção do ácido acético (esquema III)

Apresentamos aqui os 2 processos atualmente em serviço na usina de Premery:

- o processo por destilação azeotrópica.
- o processo por extração líquido-líquido.

Na usina de Premery, o primeiro processo é utilizado para tratar o pirolenhoso pesado (carregado de alcatrão), o segundo para tratar o pirolenhoso "claro".

Na realidade, isto é devido a razões históricas do desenvolvimento da usina.

É evidente que depois da extração do alcatrão do pirolenhoso pesado, os 2 pirolenhosos podem ser tratados da mesma forma.

• Tratamento do pirolenhoso pesado

Ácido acético por via azeotrópica

O alcatrão é previamente retirado do pirolenhoso pesado, este fica livre de sua fração mais pesada constituída do breu e dos óleos menos voláteis. Para isso, ele é introduzido no evaporador 2 C 201, aquecido na sua base pela circulação através do aquecedor 2 E 202 percorrido nos tubos por vapor.

Os alcatrões obtidos na base de 2 C 201 são enviados às colunas de tratamento de frações pesadas 2 C 208 e 209.

O pirolenhoso livre de alcatrão e vaporizado é admitido no balão de lavagem 2 B 201, onde ele acha em contra-direção uma fase oleosa decantada no fundo de 2 C 203. Assim, é possível esgotar o pirolenhoso previamente depurado dentro de 2 C 201 em alcatrão leve e em ácidos graxos superiores que são retirados no fundo de 2 C 201 para serem encaminhados em direção dos alcatrões.

Em frente de 2 B 201, achamos uma fração contendo principalmente ácido acético, ácido fórmico, água e óleos leves. Essa é a fração que será o objeto da destilação azeotrópica baseada sobre o princípio conhecido, segundo o qual a tensão do vapor de uma mistura de dois líquidos não miscíveis é igual à soma das tensões de vapor dos 2 constituintes da mistura; no entanto este ponto de ebulição desta mistura será muito inferior àquela de cada um dos líquidos tomados isoladamente.

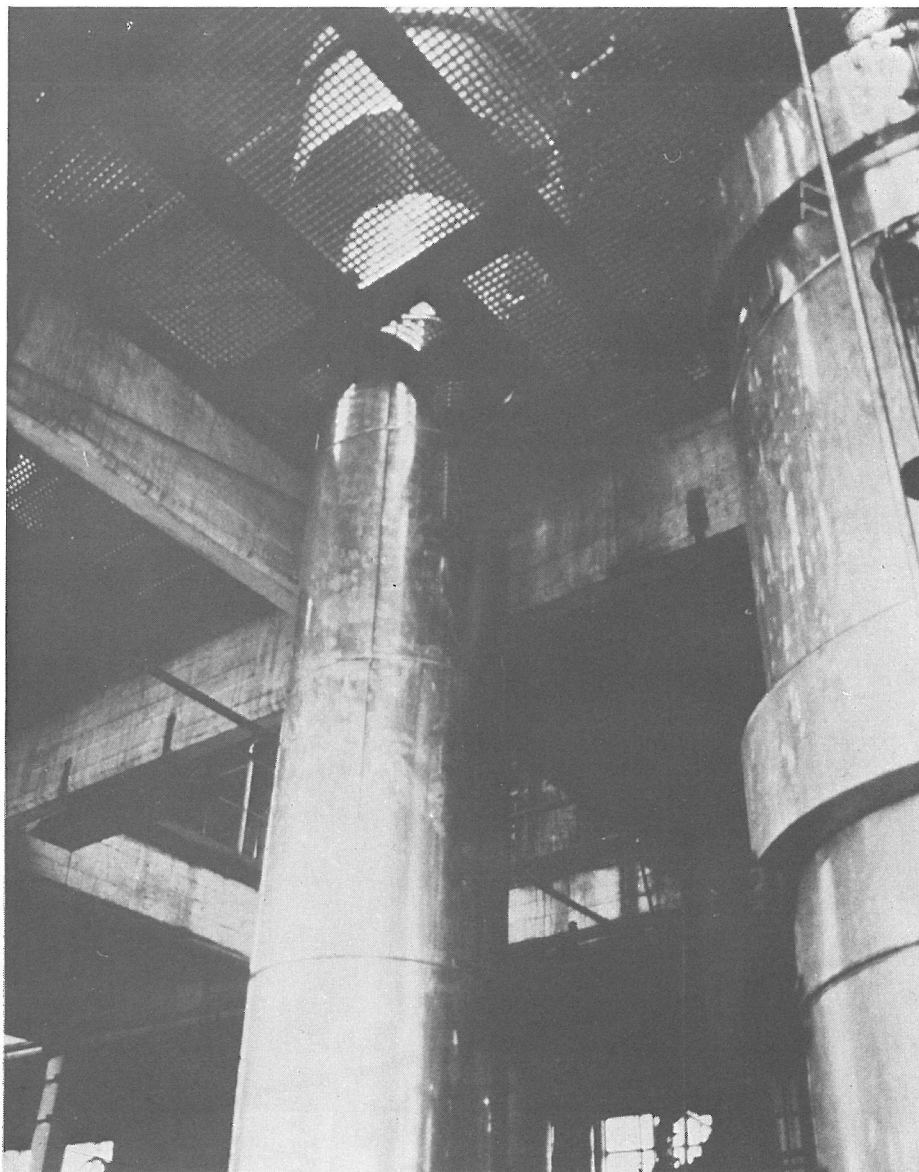
Assim, se acrescentamos ao ácido aquoso um líquido miscível no ácido acético anidro, mas insolúvel na água, e se destilamos a mistura assim constituída, a água e o líquido miscível destilarão em frente sob a forma de uma mistura azeotrópica, enquanto que a temperatura de ebulição do ácido acético não será modificada.

Uma segunda coluna vai separar as outras frações da mistura azeotrópica do ácido acético.

É o que acontece na série de colunas 2 C 203 e 2 C 204.

Assinalamos que a água contida na mistura água-condutor é extraída em contínuo em frente de 2 C 203 pelo decantador 2 D 201 e a coluna 2 C 202. Esta água (chamada "pequenas águas" contém muito pouco ácido acético (entre 0,01 e 0,1%).

Por sua vez, o ácido obtido na seção de esgotamento de 2 C 204 é enviado em direção das colunas de produção do ácido puro.



OFICINA DE ÁCIDO ACÉTICO POR EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO
Coluna de extração e coluna de destilação ácido-solvente.

Quanto as frações menos voláteis (óleos leves) obtidas em fundo de 2 C 204, elas são encaminhadas em direção do tratamento do alcatrão.

• Tratamento dos alcatrões

As diferentes frações pesadas são tratadas sucessivamente na coluna 2 C 208 onde é extraído o breu, e coluna 2 C 209 onde são extraídos os óleos pesados.

As frações na frente de 2 C 209 são condensadas e recicladas com o pirolenhoso pesado alimentando 2 C 201.

No esquema apresentado aqui, os óleos pesados e o breu são enviados para combustão. Veremos no § 11 que outros esquemas de utilização mais nobre são possíveis.

• Tratamento do pirolenhoso claro

Ácido acético por meio extrativo

Em relação ao pirolenhoso claro, contendo poucas frações pesadas, é inútil proceder-se a operação do tipo extração do alcatrão, antes de retirar o ácido.

O princípio da extração líquido-líquido é baseada sobre a utilização de um solvente seletivo do ácido acético que seja facilmente separável deste por simples destilação. Este solvente pode ser, seja mais leve, seja mais pesado que o ácido. Por razões evidentes, de nível de temperatura, LAMBIOTTE escolheu o solvente leve.

O pirolenhoso claro é admitido na frente de 2 C 10, percorrida em contra-direção pelo solvente admitido em fundo da coluna.

Na frente de 2 C 210, encontramos uma mistura ácido-solvente, esta última sendo depurada dentro de água na coluna 2 C 214.

A mistura da frente é aquecida no trocador 2 E 208 antes de sua admissão na coluna de destilação 2 C 211 onde recuperamos:

- na frente, o solvente reciclado;
- atrás, um ácido acético ainda impuro.

Este último será esgotado em ácidos graxos superiores na coluna 2 C 212, coluna na qual o refluxo é assegurado pelas frações pesadas de 2 C 213, que tem como objetivo retificar os vapores da frente da 2 C 212.

Na frente da 2 C 213, o ácido contendo ainda óleos leves é condensado e enviado

na coluna 2 C 214, funcionando com uma pequena adição de água na frente afim de permitir o esgotamento, em ácido, dos óleos leves que constituem os vapores da frente da 2 C 214.

Após condensação desses vapores, os óleos leves são separados dentro do decantador 2 D 202.

O ácido obtido no fundo de 2 C 214 (85 à 90% do ácido acético) é enviado em direção a seção de produção do ácido acético puro.

• **Obtenção do ácido acético puro**

Os ácidos obtidos por via azeotrópica (2 C 204) e por via extractiva (2 C 214) alimentando 2 C 205 que produz:

- na frente, vapores ricos em ácido fórmico;
- no fundo, um ácido pesado, reciclado em direção de 2 C 204;
- no meio, um ácido acético técnico que já é comercializável.

Este ácido acético técnico é enfim retificado na coluna 2 C 206 que produz:

- no fundo, o ácido acético puro (cristalizável);
- na frente, vapores que são readmitidos na alimentação de 2 C 205.

Os vapores ricos em ácido fórmico (10 à 15% dentro do ácido acético) provenientes do alto da coluna 2 C 205, são condensados dentro de 2 E 205. Os condensados são utilizados:

- em parte como refluxo da frente das colunas 2 C 204 e 2 C 205;

- em parte para produzir, após tratamento:
 - ácido acético cristalizável;
 - ácido fórmico de pureza comercial.

4. IMPLANTAÇÃO TIPO

Vamos descrever à seguir, apenas um esquema tipo de implantação afim de dar uma ordem de grandeza das superfícies de terreno necessárias e explicar as obrigações mais importantes.

Nestas últimas, a mais determinante é o tráfego dos caminhões de aprovisionamento das madeiras verdes (uma usina de 350 t/dia de madeira, exige, em média, o tráfego de aproximadamente 20 caminhões, seja 3 a 4 caminhões por hora durante o dia). Esta é a razão pela qual a alimentação em madeira verde é localizada diretamente na entrada da usina afim de evitar tráfego pesado sobre as estradas internas.

Na ordem das obrigações, situa-se a topologia da unidade 1, determinada pelos circuitos de manutenção mecânica e pelas necessidades de acesso dos grandes veículos de manutenção dos fornos.

Esta é a razão pela qual a unidade 1 foi colocada em linha reta: estocagem madeira bruta, serras, estocagem de madeira preparada, fornos para secar, fornos de carbonização, peneiragem e estocagem do carvão de madeira.

A satisfação dessas 2 primeiras obrigações, impõe colocar a estocagem e o condicionamento do carvão de madeira na extremidade fechada da usina e, conseqüentemente, uma circulação máxima dos caminhões de retirada, mas trata-se aqui, simplesmente, de um tráfego correspondendo à alimentação da usina em madeira bruta.

As usinas químicas apresentam proble-

mas mais simples (fluidos circulando em tubulações).

É necessário, portanto, limitar ao máximo a circulação dos pirolenhosos e alcatrões, por isso a estocagem desses produtos é situada perto da fonte de produção (carbonização) de sua utilização (combustão na unidade de serviços gerais).

Enfim, é desejável, na medida do possível, afastar os estoques dos produtos inflamáveis (metanol, solventes, etc.), dos estoques de carvão.

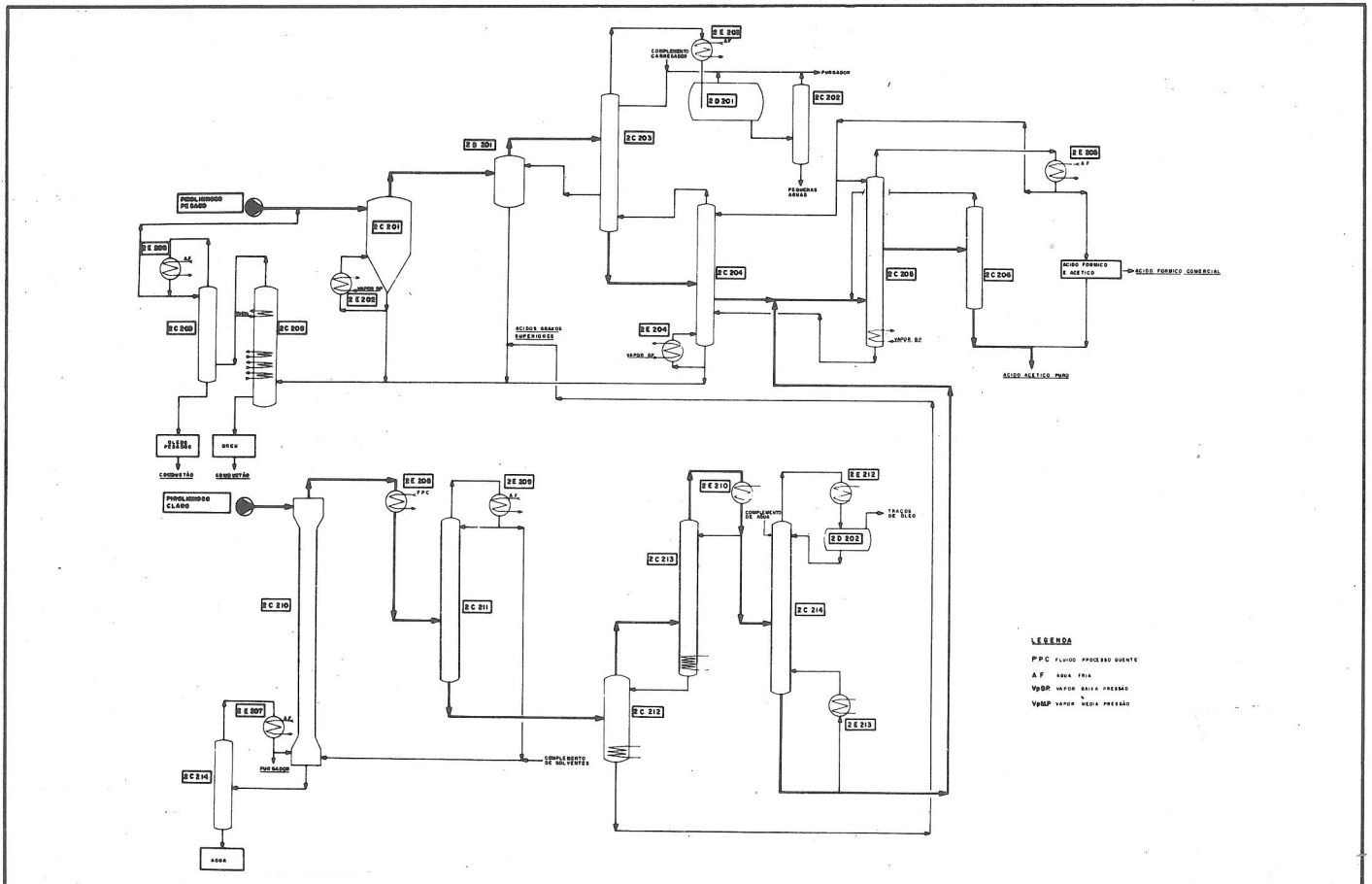
No total, uma usina tipo de 350 t/dia de madeira bruta ocupa uma superfície de: 28.000 m².

5. BALANÇO — MATERIAIS — SUMÁRIO

O balanço, resumido no quadro "Madeira Bruta", menciona apenas as quantidades diárias dos grandes produtos; é impossível e inútil entrar em detalhes, no nível desta palestra.

MADEIRA BRUTA (1) — 350 T/dia		
	Frações comercializáveis em t/dia	Frações recuperadas (combustão)
Carvão de madeira (todas granulometrias)	70	
Solventes metilênicos	0,6	
Metanol	2,75	10 t/dia
Acido fórmico	0,35	
Acido acético cristalizável	12	

O esquema IV mostra o andamento dos fluidos principais intermediários e finais en-



tre as diferentes unidades e seções do complexo.

(1) Madeira contendo 40% de água e 60% de matérias secas.

Lembramos que este resultado é considerado:

a) para 2 linhas paralelas de secagem-carbonização correspondendo cada uma à 175 t/dia de madeira seca e 35 t/dia de carvão.

b) para essências européias que são: o carvalho, carpa e faia.

6. ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS OBTIDOS

6.1. Carvão de madeira:

Granulometria (cf. § 3.2.3).
Composição:

carbono fixo	≥ 85%
teor em água	≤ 5%
cinzas	≤ 2,5%
matérias voláteis	≤ 7%

Essas características correspondem à carbonização das espécies folhosas européias.

6.2. Metanol.

O metanol obtido é diretamente comercializável. Ele pode, após refinação suplementar, responder as especificações mais exigentes.

6.3. Ácido acético, cristalizável industrial:

Aspecto	líquido incolor
Título (em ácido acético)	≥ 99,5%
Densidade 20°/4°C	1,050 + 0,001
Índice de refração	1,3718
Ácido fórmico	≤ 0,15 g.%g.
Água	≤ 0,2 g.% c.c.
Aldeídos	≤ 0,02%

Sais minerais	Cloruros em HCl	2 ppm
	Sulfatos em H ₂ SO ₄	2 ppm

Metais pesados	≤ 10 ppm
Ferro	≤ 1 ppm (NF T 20 — 605)
Ponto de fusão	+ 16°C + 0,5°C
Destilação AFNOR	Pi — Ps : 2°C
Resíduos de evaporação	≤ 100 ppm.
Índice de permanganato	≤ 15 (Norma Francesa NF T 20 — 621)
Cor	≤ 15 Hazen (NF T 20 — 623)

7. EXPLORAÇÃO

A exploração das unidades 1 e 2 é contínua.

A exceção da madeira seca que transita diretamente do forno de secagem ao forno de carbonização, os outros produtos intermediários (pirolenhoso bruto, pirolenhoso claro, alcatrões, etc.) necessitam capacidades também.

O organograma do pessoal de fabricação (mão-de-obra direta) é o seguinte:

Unidade 1:

— Engenheiro chefe de unidade	1
— Contra-mestre de dia	1
— Chefes de equipe	4
— Operários de fabricação	4

— Condutores de máquinas	4
— Mão-de-obra de expedição e condicionamento	2

Unidade 2:

— Engenheiro chefe de unidade	1
— Contra mestre de dia	1
— Chefe de equipe	4
— Operários de fabricação	8

Nota: Trata-se de postos contínuos (3 x 8).

Os operários de fabricação da unidade 2 se ocupam das expedições de produtos líquidos.

• Estimativa de utilização

Uma usina deste tipo funciona 330 dias/ano.

8. FLEXIBILIDADE

Somente a unidade 1 causa problemas (fornos), as unidades 2, podendo ser colocadas em serviço, segundo a evolução dos estoques intermediários.

Ainda neste caso, o processo de secagem e de carbonização LAMBIOTTE é particularmente interessante. De fato, em torno de uma produção nominal de 35 t/dia de carvão por forno, a capacidade pode variar, sem dificuldades, entre 130% e 45% do funcionamento nominal, o que, para tais unidades, constitui uma excelente performance.

9. CONSUMOS UNITÁRIOS

Unidade 1: matérias (cf. quadro II. § 5) vapor: unidade exportadora
eletricidade: 170 Kwh/t carvão de madeira.
Unidade 2: Materiais (Cf. quadro II, §5)

Utilidades:

- Setor 100 — Desalcoolização (consumo levado a tonelada de metanol comercial)
Eletricidade: 30 Kwh/t
Vapor: 8 T/T
- Setor 200 — Ácido Acético (consumo levado a tonelada de ácido acético puro).

Meio azeotrópico: eletricidade: 20 Kwh/t vapor: 30 T/T

Meio extrativo: eletricidade: 10 Kwh/t vapor: 15 T/T

Água: T 12°C — hipótese circuito fechado.

- setor 100: 9 m³/t metanol
- setor 200: 12 m³/t ácido acético.

Nota importante:

Os consumos em eletricidade e vapor são fornecidos a título técnico e não poderão, em hipótese alguma, ser considerados do ponto de vista econômico.

De fato, as diferentes unidades são produtoras de matérias energéticas:

- gás e pó de carvão para unidade 1
- frações combustíveis líquidas para unidade 2.

Voltamos sobre o problema do equilíbrio energético do complexo no § 11.

10. INVESTIMENTOS

Como nos casos dos balanços matérias e dos consumos unitários é difícil dar cus-

tos de investimentos corretos porque esses custos são muito influenciados pela natureza das matérias-primas e dos produtos acabados, e pelas condições locais de implantação (clima, solo, água, estradas, energia).

Vamos indicar somente ordens de valor para as unidades de fabricação (unidade 1 e 2), sem a engenharia civil, isto para uma realização na França, nas condições comerciais de janeiro de 1977, e para as produções tomadas no quadro II § 5.

- Unidade 1: 35.000.000 — Francos
- Unidade 2: 20.000.000 — Francos

Total : 55.000.000 — Francos

Este preço contém:

- engenharia
- equipamentos e materiais diversos
- montagem.

Não são considerados neste preço:

- Despesas de Licença
- Assistência técnica
- Seguros e outras taxas
- Perdas dos produtos no início da produção
- Peças de reposição.

11. COMENTÁRIOS

O quadro I § 2 dá uma primeira idéia da variedade dos produtos susceptíveis de serem conseguidos à partir da madeira.

Tem que se acrescentar, nestes primeiros exemplos de possibilidades, 3 outros aspectos:

- variedade das matérias-primas
- variedade dos setores industriais, domésticos e mesmo agrícolas, interessados pela aplicação destes diferentes produtos.
- otimização da balança energética do complexo em função das condições locais.

11.1 Variedade das matérias-primas

Não vamos nos estender, neste documento, sobre as composições e as características das essências florestais; vamos nos limitar a comentar:

- que para a mesma grande família: as folhosas tropicais, a produção de ácido acético pode variar de 1 a 2, a produção do metanol de 1 a 3,5 e a produção dos alcatrões de 1 a 2.
- que sob o aspecto das características mecânicas, o carvão do eucalipto de Madagascar possui excelentes propriedades para uma densidade igual àquela do Okouné de Surinam, que é impróprio ao uso metalúrgico por causa de sua friabilidade; e que o Eucalipto do Congo é igualmente impróprio ao uso metalúrgico por causa de seu teor em fósforo muito elevado.

Assim, fica claro que nenhum dado sério pode ser fornecido sem conhecimento das variedades a serem tratadas e sua localização (clima e solo).

11.2 Variedade dos setores de aplicação

Aqui vamos, mais uma vez, distinguir as 3 famílias dos sub-produtos da madeira:

- carvão
- gás
- produtos químicos.

sências, considerar o serviço nos fornos altos de mais de 20,00 m de altura, isto não é o caso da Austrália com o **Eucalyptus Marginata**, onde somente o amolecimento do minério de ferro é o responsável.

Nada indica, a priori, que uma floresta e um tipo de madeira determinado seja inutilizável (salvo em caso de espécies conhecidas). É por isso que só testes sérios podem dar uma resposta válida antes de qualquer decisão de realização.

— Uso energético

Com esse objetivo, a combustão do carvão de madeira é conduzida dentro de gasesogênios para permitir a gaseificação total e a recuperação energética dos gases combustíveis expelidos.

— Usos industriais:

O carvão de madeira pode ser utilizado em indústrias diversas sob forma de carvão ativo para os fenômenos de absorvência, sob forma de combustível sólido pulverulento (fábricas de cimento) ou como matérias-primas em certas sínteses químicas de corpos contendo carbono.

— Usos agrícolas: (horticultura)

Neste caso, o carvão de madeira fino é utilizado para enriquecer a terra.

Em resumo, temos que estar convencidos de que encontramos-nos diante de um triplo compromisso: essência, modo de carbonização e aplicações desejadas e possíveis.

11.2.2. Gases:

A utilização única do gás corresponde ao uso energético do carvão de madeira. Isto quer dizer que a gaseificação da madeira é conduzida para se conseguir misturas gasosas (CO, CO₂, H₂, H₂O) diretamente utilizáveis nas turbinas de central elétrica. Foi dado neste setor o valor de 1 kwh/kg de madeira seca.

Assinalamos que, no caso de um complexo como o descrito no § 3 deste documento, o gás constitui com os alcatrões e outras frações pesadas combustíveis, o elemento de otimização do balanço energético global do complexo.

11.2.3. Produtos químicos:

Já insistimos no § 11 sobre as variações do rendimento das essências em certos produtos químicos ou em outros.

Vamos agora tentar demonstrar que a variável precedente se complica quando consideramos, em primeiro lugar as necessidades de um país, ou de uma região determinada.

De fato, os produtos químicos extraídos da carbonização da madeira são de uma tal diversidade que eles conhecem aplicações variadas.

• Químicas dos carburantes

O metanol possui um grande poder calorífico e um índice de octana de 136. Ele constitui um excelente carburante. Foi muito utilizado neste sentido, durante os períodos de crise na Europa Ocidental, sob forma de mistura ternária.

• Química de síntese (derivados da madeira como matérias-primas)

Os produtos químicos, tendo como matéria-prima o metanol, o furfural, os ácidos acéticos, propiônico, butírico, os fenóis, são muitos. Não podemos, portanto, elaborar uma lista completa.

Assinalamos rapidamente que esses derivados interessam principalmente à:

- Indústria dos plásticos: (resinas com base de formol e/ou de acetato e/ou de fenol)
- Indústria dos solventes: (seja solventes de uso geral: solventes metilênicos, seja solvente com alto valor específico: furfural).
- Indústria com uso agrícola: (adubos: urea formol; herbicida, inseticidas)
- Indústria de explosivos: (pentrite, hexogeno)
- Indústria pneumática.
- Aplicações dos derivados da madeira

Lembramos que na França o metileno "regie" é utilizado para desnaturar o álcool industrial.

• Diacetilo ou butano dione

Esta molécula pode ser extraída no nível da purificação do metanol.

Ela fornece um aroma alimentar particularmente procurado pelas indústrias de gorduras vegetais para a qual ela dá a coloração e o gosto da manteiga.

• Lactones

A fração solúvel água dos óleos pesados contém além do mais:

— uma série de ésteres internos ácidos-álcool (olidos ou lactones) que constituem aromas particularmente procurados para as indústrias alimentares e farmacêutica e pela perfumaria.

- uma série de cetonas cíclicas e de ácidos aromáticos substituídos, que são a base dos produtos utilizados nos tratamentos de pele.

Esses diferentes produtos são fabricados em Premery.

— Creosote

A partir da fração insolúvel dos óleos pesados, Premery extraiu, segundo os períodos conjunturais, até 100 t/ano de creosoto de qualidade oficial (label "codex"). Este produto, muito utilizado antes na farmacêutica humana, conhece atualmente um novo lugar na farmacêutica animal.

— Breu

Por razões econômicas, o breu de madeira não foi até agora utilizado como constituinte de pinturas do tipo breu-epoxy (pintura de alto rendimento); uma tal aplicação é possível considerando as condições locais.

Antes de acabar este exame rápido, temos que lembrar que fica também possível (e é o que fazemos em Premery) fazer a síntese de moléculas tais como o ester (reação ácido-álcool) e o formol, por oxidação do metanol refinado.

Assim, nos encontramos diante dos mesmos compromissos que para o carvão de ma-

deira: essência, modo de recuperação do pirolenhoso e de seus derivados, aplicações desejadas e possíveis.

11.3. Balanço energético do complexo

Como em todo complexo que é produtor e consumidor de energia, tem antes de tudo de se fazer uma escolha definitiva, para se chegar a uma otimização das diferentes possibilidades entre dois limites que são:

- busca da maior autonomia possível.
- troca máxima de energia com o exterior (importação-exportação).

Claro que este "optimum" depende dos programas de fabricação.

Assim, se desejamos fabricar somente carvão de madeira, isso resultaria em quemar todo o líquido pirolenhoso e suprimir as unidades químicas que são consumidoras de utilidades, o complexo será exportador de energia (assinalamos que os vapores pirolenhosos correspondem a 1.700.000 calorias por tonelada de matérias secas dentro da madeira para o eucalipto).

Ao contrário, um complexo no qual se procuraria a recuperação máxima dos produtos químicos, se acharia em posição de importador energético. É por isso que para uma madeira bruta contendo 45% de água, a autonomia do complexo é obtida por uma linha de carbonização seguida de recuperação do pirolenhoso e 2 linhas de carbonização com combustão do pirolenhoso, enquanto que para uma madeira bruta contendo somente 25 à 30% de água, a autonomia energética é conseguida para o mesmo número de unidades, com e sem recuperação de pirolenhoso.

Aí, ainda a busca da solução ótima, pede um exame profundo.

12. CONCLUSÃO

Após termos rapidamente visto os vários critérios de decisão dos produtos (matérias-primas e produtos acabados) e no nível da energia, temos ainda a mencionar o problema fundamental da localização econômica do complexo, considerando suas fontes e suas aplicações.

Não devemos esquecer as conseqüências que esta localização pode ter sobre o custo técnico da realização do complexo (serviço energético, hidráulico do local, estradas rodoviárias e ferroviárias, etc.).

De nosso ponto de vista, é indispensável efetuar estudos de viabilidade técnico-econômica sérias, antes de adotar qualquer decisão de realização eventual de um tal complexo.

Estes estudos vão permitir:

- definir o mercado local (carvão — gás — química)
- estabelecer dados do local (clima, solo, topologia, etc.)
- fazer testes de carbonização de essências florestais
- conhecer as possibilidades do mercado financeiro.

A partir daí, os estudos estabelecerão:

- o programa técnico e comercial
- a definição de princípio das unidades de fabricação e das unidades anexas.
- custos de investimentos

— custos de operação.

Afim de conseguir:

— taxa de rentabilidade e a sensibilidade econômica de um tal projeto.

Este resultado sendo o elemento primordial de decisão.

Portanto, resumindo e concluindo, toda tomada de decisão deve ser do ponto de vista de que o projeto tenha êxito, seguindo-se esses parâmetros. Se se quer que o projeto

tenha êxito, tanto para aquele que o idealiza, como para aquele que o executa, todas as decisões devem ser precedidas de estudo muito profundo no nível da rentabilidade econômica e dos ensaios físicos da matéria-prima.

DEBATES

NELSON LEVY — A pergunta é do Laboratório de Produtos a Vapor de Brasília, do Sr. Manoel Sobral Pinto. São duas perguntas:

Qual é a quantidade de consumo de energia total em relação a energia fornecida pelo gás gaseificado?

O rendimento de ácido acético citado pelo conferencista, parece que ficou superior a mais de 200% do rendimento apresentado pela usina australiana de Wundowie, e a pergunta é esta: há diferença técnica no tipo de madeira usado ou há combinação de outro fator?

COUTOR CHARLES

(O eng.º Coutor Charles, da Lambiotte, respondeu às questões formuladas sobre a Conferência de M. Bergonzo).

Isso varia de acordo com o país, visto que na calcinação da madeira o rendimento em carvão e produtos químicos são variáveis, mas na França consideramos que o carvão de madeira deve pagar a madeira, porque, qualquer que seja o processo, sempre temos que pagar o preço da madeira. O produto químico tem que pagar o resto dos custos da produção e amortização dos equipamentos. Os valores variam conforme as épocas. E hoje o carvão constitui 2/3 do valor da produção em lugar dos 3/4 anteriores, devido ao custo elevado do transporte. Parece que hoje, com o aumento dos valores dos produtos químicos, o valor da produção desses produtos, tem tendência a ter uma participação maior na rentabilidade do investimento.

Nos E.U.A., a serragem usada no processo de produção de carvão de madeira é um processo perfeitamente conhecido mas que não utilizamos. A porcentagem de matéria volátil no carvão pode variar conforme o grau de carbonização utilizado. A carbonização que utilizamos se realiza a 550°C à 600°C. 600°C é o limite superior que não é indicado a todos pontos de vista. A porcentagem de matéria volátil é de mais ou menos 6%.

O carvão, tem 85% de carvão fixo e o resto corresponde à umidade e 2% de cinzas.

O carvão como os Srs. já sabem, é um produto que quando fabricado não é utilizado; ele se oxida um pouco e, portanto, é necessário que ele esteja condicionado durante 48 horas, ventilado afim que ele tenha a umidade normal e assim, para nós, se ganha do ponto de vista comercial.

A pergunta sobre o poder calorífico dos gases produzidos:

O gás de madeira, se sua carbonização é feita em lugar fechado, e não em forno de circulação, seu poder calorífico é de 2.500 Kcal/m³. Devo dizer que esse número não é absolutamente certo, porque, maior o tem-

po de cozimento do carvão, maior será o poder calorífico do gás. Quando se condensa o líquido pirolenhoso, os gases não condensáveis terão mais ou menos 1.150 Kcal/m³, mas esse valor pode variar conforme a umidade da madeira que entra no forno de carbonização. O máximo de umidade que pode ser admitida da madeira no forno de carbonização é de 25%. Nessas condições, o poder calorífico do gás recolhido é de 900 Kcal/m³, é o limite no qual o gás ainda é combustível e que pode ser usado para o aquecimento do forno. Caso a umidade seja superior à 25% o vapor pirolenhoso não dá mais combustível, porque devemos incluir nesse caso um secador que é muito caro, mas que permite, em seguida, recuperar os gases do forno e utiliza-los como combustível.

Normalmente, podemos dizer que o gás produzido com a queima de todos os pirolenhos ou parte deles, conforme os casos, são suficientes para gerar calorías necessárias para totalidade da secagem da carbonização e mesmo da recuperação dos subprodutos.

No caso de rendimento de ácido acético, nós confirmamos os dados do Sr. Bergonzo; de fato esse rendimento é maior do que o da Austrália, mas devemos considerar que na Austrália temos 2 instalações; as novas instalações com os fornos LAMBIOTTE e uma velha instalação onde não ocorre nenhuma recuperação — o resultado dos 2 explica a diferença.

Quanto a manutenção das instalações, podemos confirmar que a manutenção desses equipamentos é mínima. O secador é construído de chapa de aço carbono tipo ASM 285C e somente a parte superior em nossa instalação na França foi trocada. No forno de carbonização, só a parte central é construída em aço inoxidável. Desta forma podemos confirmar que esses equipamentos tiveram uma vida útil de mais ou menos 30 anos, visto que o 1.º forno foi construído em 1947, e que a parte central foi trocada há 3 anos. Conseqüentemente ele teve uma vida útil de 1947 à 1974, ou seja 27 anos. O 2.º forno, até hoje, não sofreu nenhuma troca. Informamos que nossos fornos e secadores não usam refratários.

NELSON LEVY — Pergunta do Sr. Lauro Fabian:

O Sr. explicou que os produtos incondensáveis combustíveis são utilizados nos fornos de carbonização, além do mais, estão trabalhando nas caldeiras, sendo que essas estão sendo utilizadas para fornecer o calor da usina química. Dessa forma, o calor fornecido nessa usina é totalmente através do vapor?

COUTOR CHARLES — Em nossa usina, na França, os gases incondensáveis não são suficientes para fornecer todas as calorías necessárias, visto que nós entramos com essa madeira verde, proveniente diretamente do corte, com 40 à 45% de umidade. Assim, além do gás consumido nas caldeiras, utilizamos o alcatrão e o breu, mais ou menos 19 toneladas com o poder calorífico de 6.500 cal/quilo, que assim vai nos dar mais ou menos 7 quilos de vapor por quilo de alcatrão. Mais precisamos de 133 toneladas de vapor diário. A usina química consome 20 kg de vapor por litro de pirolenhoso. No processo azeotrópico, deve consumir cerca de 12 à 13 kg de vapor por kg de pirolenhoso e de 1 à 4 kg de vapor por kg de pirolenhoso, no processo de extração.

O Sr. também pergunta por que os 2 processos?

Um dos processos consome muito vapor o outro pouco vapor. É a maneira que tivemos de equilibrar o consumo de vapor em função da capacidade de produção, visto que produzimos 100.000 t de pirolenhoso por dia e 2/3 somente poderiam ser tratados pelo processo azeotrópico. Portanto, para o resto, é necessário estabelecer outro processo.

Também temos problema de água, visto que estamos instalados perto de um riacho pequeno que não podemos poluí-lo e o processo azeotrópico é o único que permite recolher, na parte superior da coluna azeotrópica, uma água perfeitamente pura contendo 0,2% de ácido acético livre, que não acarreta nenhum risco para o rio, ao contrário do processo de extração que é mais poluente e que dá um efluente com mais de 2% de produtos não extratáveis.

Esse é o caso de muitas usinas, especialmente na Alemanha e também nos E.U.A. É esse o motivo pelo qual temos 2 processos.

Esse processo de ter água residencial sem traços incômodos, do ponto de vista da poluição, encarece consideravelmente os custos.

Numa nova usina gostaríamos de permanecer autônomos do ponto de vista da energia, devido aos altos preços do combustível que devemos comprar e importar, e que vão nos acarretar também problemas suplementares de transporte, principalmente se somos afastados de centros habitados.

Conforme explicou o Sr. Bergonzo, nós podemos ter a produção dos pirolenhos divididos em 2 partes: 1 parte não condensada, utilizada para aquecer as caldeiras e assegurar a energia necessária ao resto da produção, e a segunda parte, que seria destilada para obtenção dos produtos químicos.

Podemos dessa maneira obter uma unidade autônoma.

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

PAINEL I

**Sessão realizada às 21h00 do dia
8/8/77, no Auditório E do Palácio das
Convenções do Parque Anhembi —
SP.**

**HIDRÓLISE DA MADEIRA — USINA
DE XILITA, FINLÂNDIA**

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **ROBERTO MALUF**
Presidente do Sindicato de
Serrarias, Carpintarias e Fibras
Madeira — SP

MODERADOR

— **LUIZ A. G. ALMEIDA**
Indusflora

CONFERENCISTA

— **ANTÔNIO C. QUINTELLA**
Lurgi do Brasil

HIDRÓLISE DA MADEIRA USINA DE XILITA FINLÂNDIA

Antônio C. Quintella

Sumário Summary

Especulação, em escala mundial, sobre volumes de resíduos gerados na área agrícola, de um modo geral, e na florestal, em particular, hoje parcialmente considerados refugos, mas com razoáveis perspectivas de aproveitamento racional, em futuro próximo.

Discussão sobre a composição química das diversas essências florestais folhosas e coníferas européias, e quantificação de seus respectivos teores de xilana, matéria-prima principal na obtenção da xilita.

Detalhamento da produção de xilita-álcool do açúcar pentavalente, obtido pela redução do açúcar da xilose — a partir do Processo Scholer, conforme usina de hidrólise existente na Finlândia, implantada recentemente pelo grupo Lurgi.

Wood Hydrolysis

Speculation, on a world scale, about residues volume produced on the agricultural area, generally speaking, and specifically on the forest area, which are actually considered wastes, but present reasonable perspectives of a rational utilization on a near future.

Discussion about chemical composition of several european leafed and coniferous forest essences, and quantifying of its related contents of xylylene, main raw material to the production of xylitol.

Details of xylitol alcohol production from pentavalent sugar, obtained by reduction of xylose sugar — from Scholer Process, according to an hydrolysis plant existent in Finland, recently introduced by the Lurgi group.



O Dr. Antônio Carlos Quintella é engenheiro industrial mecânico, formado pela Escola Fluminense de Engenharia, em 1966. Tem como experiência profissional, estágio técnico em planejamento na Volkswagen, em Wolfsburg, estágio técnico na Porsche, em Stuttgart; engenheiro de projeto de turbo-soprantes radiais da firma GHH, Oberhausen, Alemanha Ocidental; engenheiro coordenador do projeto mecânico para o Metropolitano do Rio de Janeiro, pela firma Hoechst do Brasil, junto à Deutsche-Einsenbaun, além de participação em diversos outros projetos ligados à área de siderurgia. Atualmente, ocupa o cargo de gerente de projetos da Lurgi do Brasil, Instalações Industriais Ltda., sendo responsável por projetos na área orgânica e inorgânica, siderurgia de ferrosos e não-ferrosos, controle de poluição, tratamento d'água, extração de óleos, papel e celulose. É membro da Associação Brasileira de Metais.

HIDRÓLISE DA MADEIRA

USINA DE XILITA

FINLÂNDIA

Uma contribuição à utilização de refugos de madeira e plantas anuais ricos em pentosana

Os cientistas de nossos tempos, dedicados ao estudo das reservas mundiais de matérias-primas, opinam que no século vindouro a madeira e as plantas em geral, sendo os produtos da natureza de renovação constante, constituirão a matéria-prima mais importante de nossa terra para a manutenção e o sustento da vida humana.

Cerca de 30% de nossas terras são ocupadas por florestas e savanas. Comparada com isto, a agricultura cobre apenas cerca de 12% da área mundial, mas terá que dobrar a superfície cultivada até o ano de 2000.

Os 30% cobertos por vegetação natural representam um reservatório para cerca de 6 bilhões de toneladas de substância seca de madeira por ano. O homem de hoje, utiliza ou destrói cerca de um terço dessa substância, o que corresponde aproximadamente a 2 bilhões de toneladas. Fala-se em parte de destruição porque cerca da metade da quantidade supra-citada de madeira, a saber 1 bilhão de toneladas, é utilizada como combustível, e da outra metade somente cerca de 50% são utilizados sob forma de produtos da indústria da madeira. Em resumo, 500 milhões de toneladas de produtos industriais obtidos de 2 bilhões de toneladas de substância seca de madeira, correspondem a um rendimento de 25%, isto sem levar em conta o valor energético da madeira utilizada como combustível. O mesmo se refere às plantas produzidas nas áreas agrícolas que, no melhor dos casos, são reintegradas no ciclo natural por decomposição, após a colheita das frutas. A utilização industrial dessas substâncias é praticada somente até certo ponto e em certas regiões, como por exemplo no caso da recuperação de celulose e papel de uma série de plantas anuais.

Conforme os anuários estatísticos da FAO, produzem-se anualmente cerca de 200 milhões de toneladas de palha de arroz; 100 milhões de toneladas de palha de milho; 60 milhões de toneladas de bagaço; 900 milhões de toneladas de palha de trigo e cereais.

No total, cerca de 1,2 bilhões de toneladas para as quais não há utilização industrial, nem para a recuperação da energia, exceção feita de um emprego muito limitado. Além desses produtos, existe uma multidão de plantas agrárias, cultivadas em grande escala e em ritmo anual como por exemplo algodão, tabaco, juta, bambu, girassol etc., cujos resíduos, depois do aproveitamento da fruta, não são utilizados até hoje.

Os resíduos da elaboração da fruta, como a casca de noz, casca de palma, etc., também são rejeitados ou, no melhor dos casos, queimados para produzir vapor. Parece mais que lógico a seguinte pergunta:

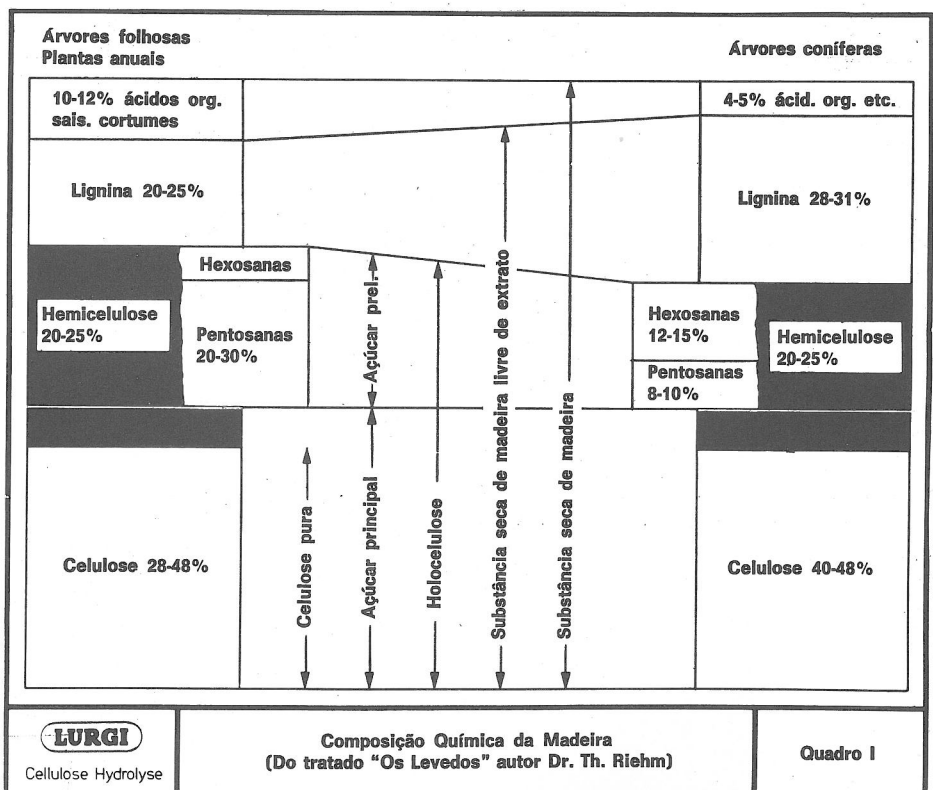
O que faremos no futuro com estes produtos, hoje ainda classificados como "refugos"?

Como no caso do petróleo, a composição química destes desperdícios está constituída principalmente de carbono e hidrogênio; são hidrocarbonetos. Quais são as possibilidades atuais para a utilização industrial dessas substâncias vegetais residuais?

A parte da recuperação de celulose para a produção de papel e papelão, de placas fibrosas para a indústria de construção e outras possibilidades de tratamento industrial ainda não exploradas completamente, a hidrólise da madeira, ou melhor dito, da celulose, quer dizer, o processamento químico da ma-

deira, representa uma oportunidade ainda quase não aproveitada para lograr uma utilização total, ou ao menos melhorada, em relação ao estado atual, de produtos naturais celulósicos. Aqui não é necessário explicar em detalhe a história da hidrólise da celulose. Apenas é de mencionar que na U.R.S.S. fracassaram todos os esforços de estabelecer uma indústria da hidrólise de madeira como indústria permanente. Durante a segunda Guerra Mundial a hidrólise da celulose alcançou certa importância na Alemanha e temporariamente também nos E.U.A., por razões de autarquia, sobretudo para a produção de álcool e de fermento de albumina para forragens de animais.

A deficiência iminente da albumina e a futura deficiência de matérias-primas para a elaboração de produtos petroquímicos nos próximos 20 anos, fazem cada vez mais interessantes os processos disponíveis da hidrólise da celulose para a produção de soluções de açúcar como produtos de base para uma mul-



tidão de produtos químicos.

Um produto químico da indústria de hidrólise da madeira, que é agora de interesse atual é a xilita, um álcool do açúcar pentavalente, obtido pela redução do açúcar da xilose.

Em relação a este produto é de mencionar o processo praticado numa instalação de hidrólise implantada nos anos de 1973/74 na Finlândia. A Lurgi realizou para essa instalação o projeto e a engenharia e forneceu a tecnologia.

Parece adequado apresentar, de antemão, algumas explicações referentes à importância do produto xilita sob o ponto de vista fisiológico.

A xilita é considerada um substituto interessante do açúcar para a alimentação humana.

1. É um álcool do açúcar que não produz cárie tendo confirmado sua função de substância preventiva excelente contra micro-organismos daninhos no decorrer de várias séries de testes e pesquisas com pessoas. A xilita detém não apenas o desenvolvimento bacterico da cárie, mas também de outros micro-organismos. Por exemplo, em marmeladas, geléias e xaropes de fruta, a xilita é utilizada para evitar o crescimento de fermentos e mofos.
2. Hoje em dia a xilita é considerada um substituto promotor do açúcar para diabéticos. Para a conversão no metabolismo humano, a xilita não precisa da insulina pelo qual tem apenas a função de fonte de energia e doador para a conversão das substâncias.
3. A xilita comprovará também sua qualidade como substituto do açúcar para o tratamento de doenças resultantes de alimentação inadequada e distúrbios do metabolismo, no caso de peso excessivo. A insulina não regula apenas o metabolismo geral da glicose mas também especificamente a conversão da glicose em gordura. A glicose, por sua vez, induz a produção de insulina, o que não faz a xilita. As pessoas de peso excessivo, a xilita pode ajudar, portanto, em duas vias: reduzindo o depósito de gordura e retardando, devido a sua absorção lenta, a sensação de fome, pela qual é mais fácil comer menos.

Quais são as condições prévias e processos da produção da xilita?

As matérias-primas são praticamente todas as plantas ricas em xilina, sobretudo as árvores folhosas e plantas anuais.

A composição química da substância seca de plantas de diversas classificações botânicas acusa diferenças consideráveis, conforme quadro I.

A celulose e a hemicelulose são hidratos de carbono constituídos de moléculas compridas em forma de cadeia cujos elementos básicos são açúcares simples. O elemento básico da celulose é o açúcar de glicose, enquanto a hemicelulose está constituída principalmente da xilose, da manose, da galactose, arabinose e dos ácidos urônicos. O termo "hemicelulose" foi introduzido na crença de ser uma fase prévia da celulose. Os açúcares monômeros, porém, diferenciam-se em seu princípio estrutural tão essencialmente que, na realidade, este termo comum é errado.

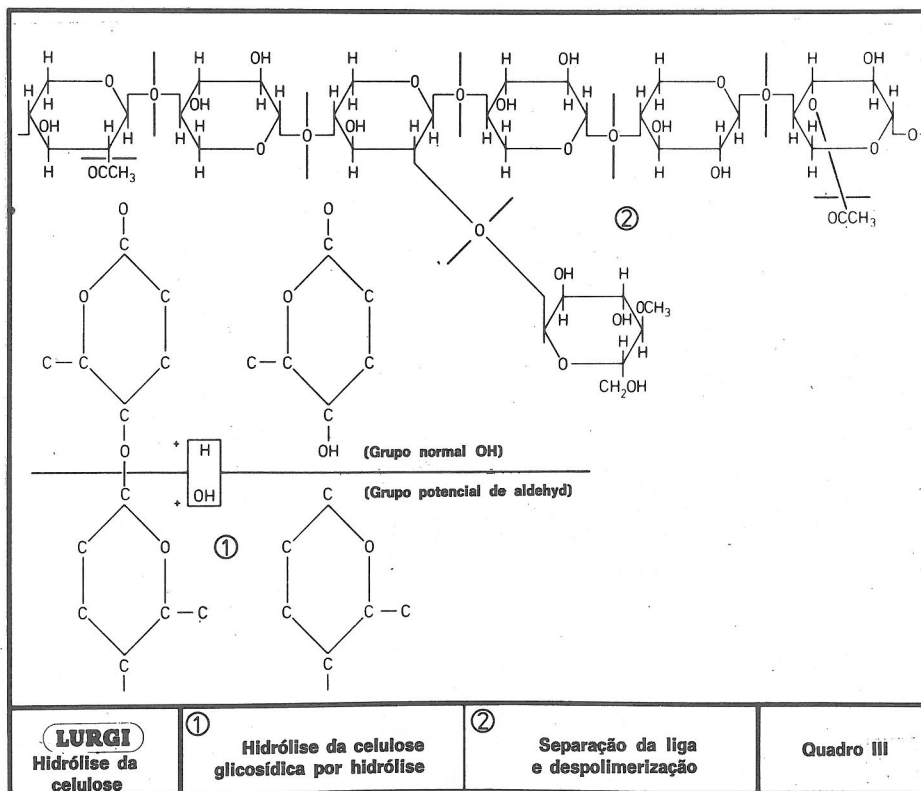
A diferença essencial consiste no número

de átomos de C que possuem as moléculas destes açúcares. As moléculas que têm 6 átomos de carbono (C) são as hexosanas, e as com 5 átomos de carbono, as pentosanas. Para a produção da xilita é interessante apenas um tipo de pentose, a xilose. Seu polímero, contido nas matérias-primas vegetais, a xilana, é — como já foi dito — a poliose que é geralmente a substância mais freqüente na he-

micelulose das matérias-primas vegetais, apenas com algumas exceções (quadro II).

A distribuição da hemicelulose na madeira do lariço é uma dessas exceções. Enquanto, por via de regra, a percentagem da xilana nas coníferas é mais baixa do que nas árvores folhosas e plantas anuais, também existem diferenças na distribuição de açúcares monômeros dentro das mesmas espécies botânicas. Visando a produção de xilita, por-

Tipo do vegetal	Holocelulose		Hemiceluloses				LURGI Hidrólise da celulose
	Celulose %	Hemicelulose %	Hexosanas Galactano %	Manano %	Pentosanas Arabinano %	Xilana %	
Pinho	65,5	34,5	17,5	46,5	10,1	26,0	Exemplo da distribuição de polioses em plantas
Pinheiro Silvestre	65,0	35,0	17,1	35,7	10,1	37,1	
Lariço	63,0	37,0	47,3	20,3	8,1	24,3	
Bétula	58,5	41,5	3,6	1,2	1,2	94,0	Arvores foliosas
Tília	58,5	41,5	3,6	8,5	4,8	83,1	
Álamo	64,5	35,5	4,2	8,5	2,8	84,5	
Acer	60,5	39,5	5,0	10,2	2,5	82,3	
Faia	65,0	35,0	11,4	4,3	4,3	80,0	
Freixo	60,0	40,0	7,6	6,2	6,2	80,0	
Bagaçõ	52,0	48,0	5,6	11,8	20,5	62,0	Plantas anuais
Casca de palma de óleo	56,5	43,5	0,9	7,7	7,5	81,0	
Folhas de bananeira	80,7	19,3	—	16,5	44,0	33,9	



tanto, o primeiro passo de uma pesquisa tem que ser o estudo do teor da xilana de uma matéria-prima; também é necessário definir o rendimento e a pureza da xilana que pode ser isolada da celulose e da lignina, respectivamente.

A possibilidade de isolar a xilana da matéria-prima depende de vários fatores, a saber:

- a) do tipo de distribuição tridimensional dentro da micro-estrutura das moléculas da celulose e lignina;
- b) de sua estrutura química, quer dizer seu grau de polimerização e da sua estrutura da cadeia de moléculas com ou sem formação de cadeias laterais;
- c) do tipo e da extensão da liga em ponte com a lignina e celulose.

Ad a) A maioria da hemicelulose — e também as xilanas — está embutida entre as micro-fibras da celulose, o que significa que encrustam a celulose.

Ad b) Em relação à sua estrutura química a maioria das xilanas possui grupos de acetilo ligados lateralmente à cadeia de moléculas que influenciam sua posição ou orientação espacial nas zonas entre as fibrinhas da celulose.

Ad c) Antigamente prevalecia a hipótese de que os componentes do hidrato de carbono acontecem à parte do complexo de lignina, em forma embutida mecanicamente. Hoje é suposto que também existem ligas químicas que contribuem ao entrelaçamento do complexo celulósico e da lignina. Considerando o caráter destas ligas prevalece hoje a opinião de que as mesmas consistem principalmente de pontos de éter.

A recuperação qualitativa e quantitativa da xilose, o curso da reação e as condições de reação a serem escolhidas dependem, portanto, dos seguintes fatores determinantes:

- grau de polimerização da xilana,
- relação quantitativa das polioses entre si,
- grau de ramificação das moléculas da xilana mesmas,
- grau de entrelaçamento intermolecular e intercrystalina.

Enquanto as cadeias de celulose são muito estáveis perante o ataque dos álcalis, é possível separar as pontes de oxigênio ou ligas de glicosídeos por meio de ácido em via hidrolítica, quer dizer pela adição de água. O polímero de forma de cadeia é aberto a formar fragmentos de cadeias mais curtas até chegar ao elemento mínimo, o monômero. O esquema de construção do monômero fica em primeiro lugar inalterado.

Ao mesmo tempo, a hidrólise dá origem a uma retificação da cadeia de moléculas por separação dos grupos laterais ligados à cadeia principal da celulose através das pontas de éter. No caso da celulose do tipo da xilana, estes grupos estão principalmente constituídos de acetilos e radicais do ácido do açúcar. A separação da liga de glicosídeos pela hidrólise com ácido exige condições muito diversas.

As pentosanas e portanto também a xilana bem como as hexosanas pertencentes às hemiceluloses podem ser convertidas em açúcares monômeros, quer dizer em xilose,

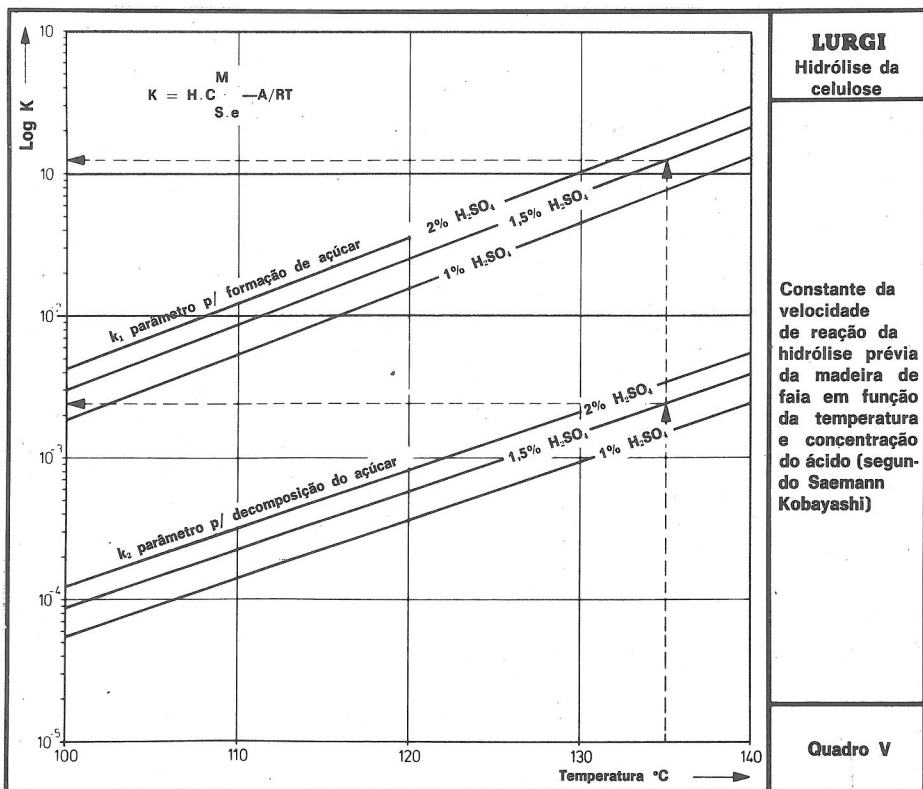
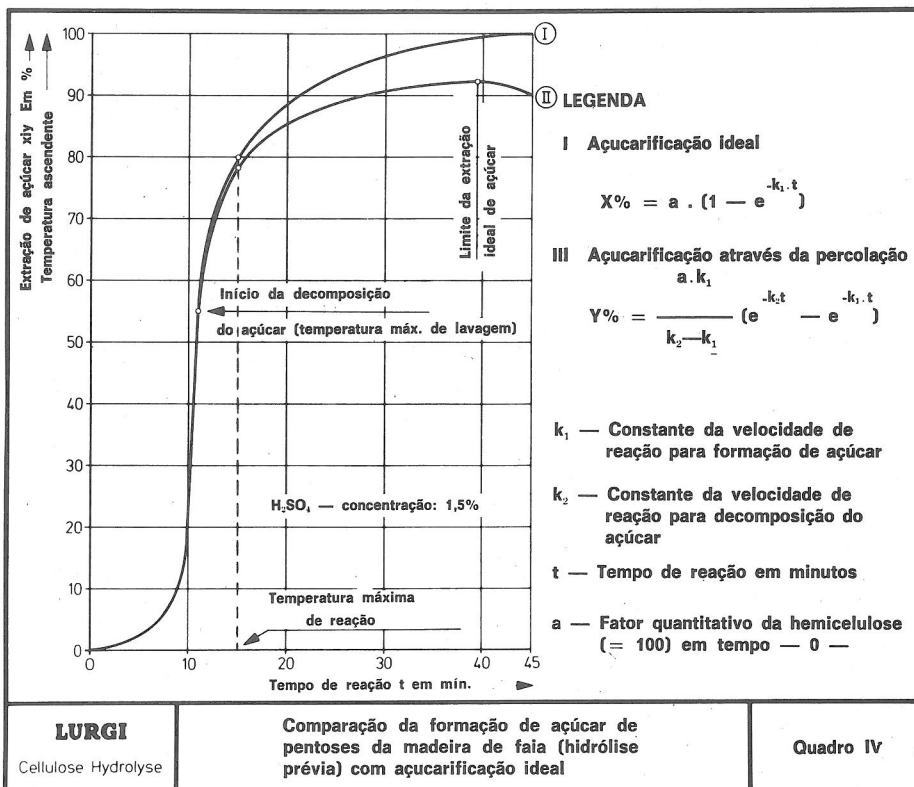
por meio de hidrólise suave. As hexosanas de cadeia comprida que constituem a celulose, porém, requerem condições extremamente energéticas para a separação das ligas de glicosídeos entre seus monômeros.

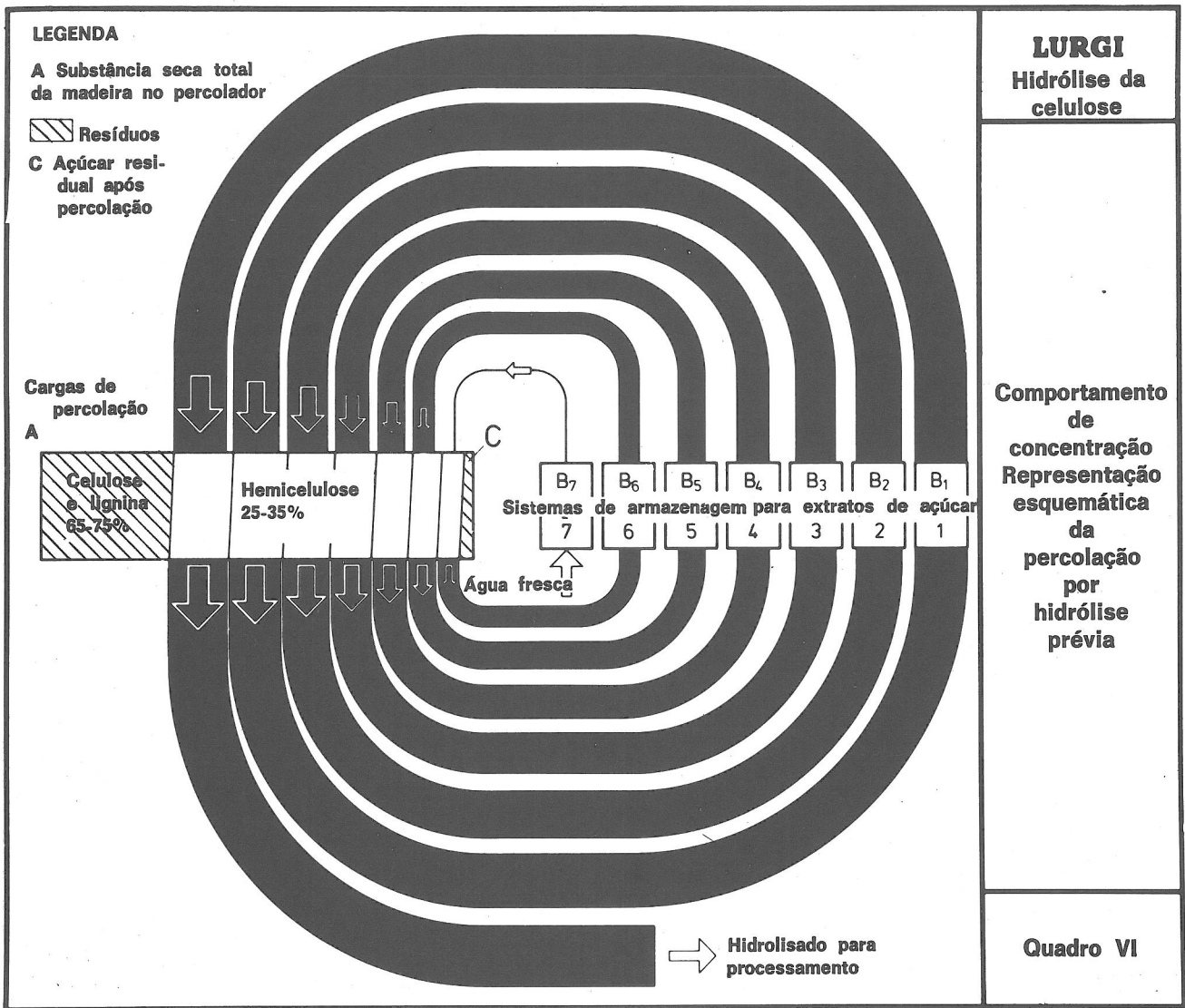
Esta é a razão pela qual distinguimos a **hidrólise prévia** que tem lugar sob as condições de reação suave, da **hidrólise principal** sob condições mais fortes. Por conseguinte, a hidró-

lise prévia tem a finalidade de isolar as pentoses e a hidrólise principal, de recuperar as hexoses. A realização consecutiva das hidrólises prévia e principal, sob condições de reação escalonadas, é chamada "hidrólise total".

Em relação à produção da xilose e xilita é interessante somente a hidrólise prévia.

Quais são as exigências para o projeto



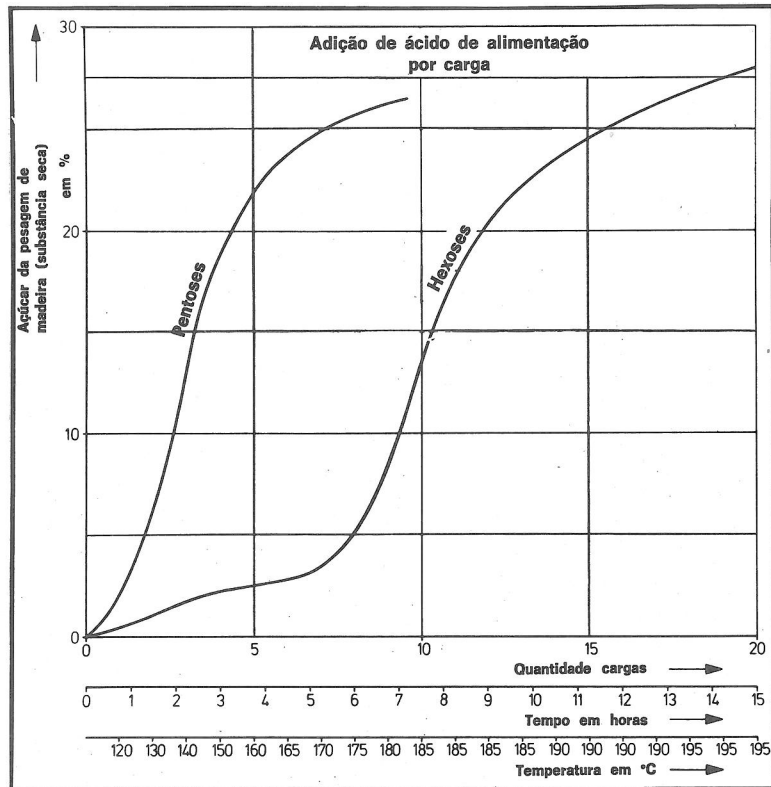


de uma instalação para a produção de soluções de xilose a serem processadas para a recuperação de xilita? Em resumo, são importantes os seguintes fatores:

O rendimento e a pureza de uma solução de xilose dependem principalmente do desenvolvimento do processo da hidrólise com ácido sob o ponto de vista da cinética de reação em relação à formação do açúcar e decomposição do açúcar. E, sem dúvida, o mérito de Heinrich Scholler, o esclarecimento da relação quantitativa entre a formação primária do açúcar e a decomposição secundária do açúcar. Esta relação consiste na observação que à parte da hidrólise, quer dizer formação de açúcar, tem lugar uma decomposição de açúcar que no caso da hidrólise prévia acontece principalmente no sentido da formação de furfural a partir das pentoses existentes apenas em fase intermediária.

O furfural, formado em segunda instância está sujeito a uma leve polimerização, resinificação e humificação. Scholler comprovou que nos dois casos, isto é, da formação de açúcar e decomposição do açúcar, trata-se de uma reação de primeira ordem. A equação de reação estabelecida por Scholler dá a curva assinalada na figura IV, em relação ao tempo de reação.

As constantes da velocidade de reação empregadas na equação, de K_1 para a formação de açúcar e K_2 para a decomposição do açúcar, referem-se à parte facilmente hidro-



LURGI
Hidrólise da celulose

Formação de açúcar na hidrólise da madeira da faixa (processo Scholler clássico)

Quadro VII

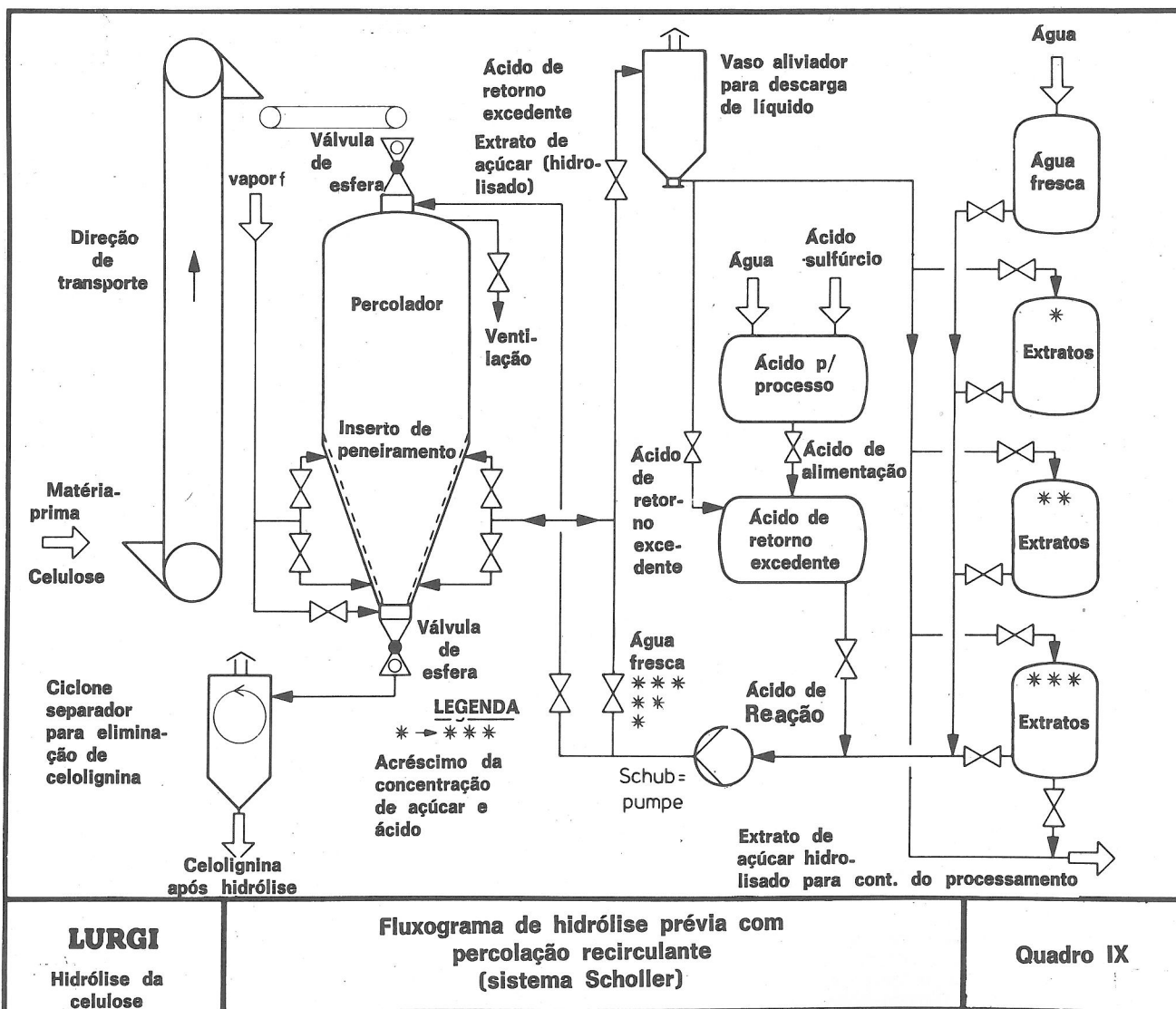
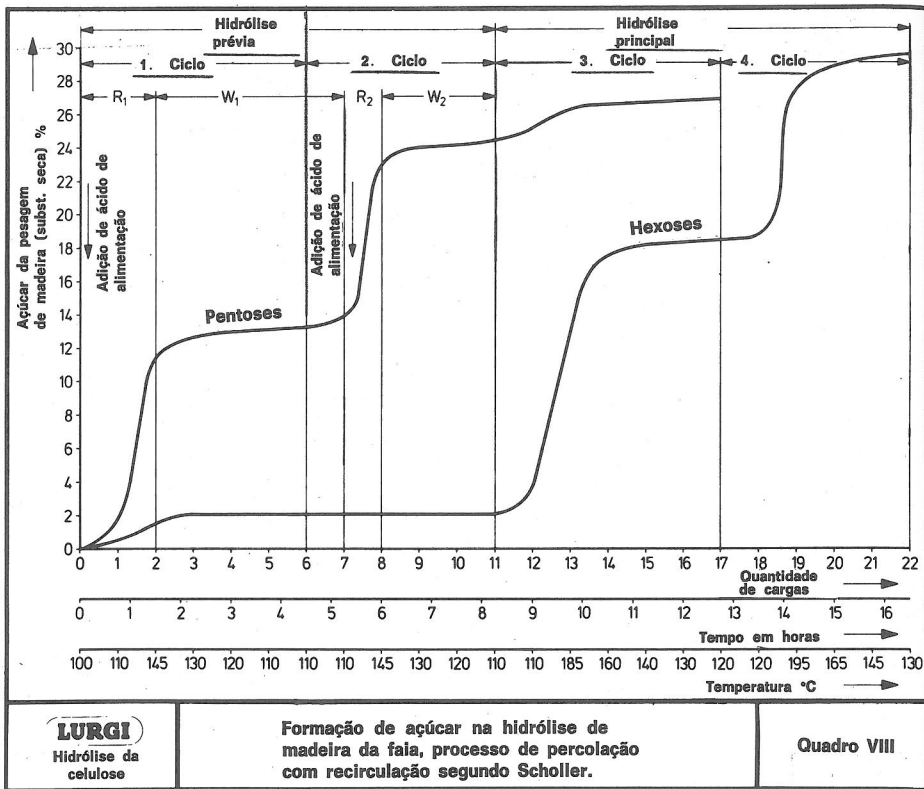
lisável da pentose contida em madeira de faia. A curva I assinala o curso ideal teórico da sacarificação em função do tempo e a curva II, o desenvolvimento teórico considerando a decomposição do açúcar iniciada notavelmente a partir de certa temperatura de reação.

A dependência das constantes de reação, K_1 e K_2 , da temperatura de reação e concentração do ácido é indicada no próximo gráfico (V) que se refere à hidrólise ou decomposição da pentose de madeira de faia.

Esta descrição teórica tem a finalidade de demonstrar a importância da seleção adequada das condições de reação da hidrólise prévia para cada matéria-prima específica a fim de garantir:

- a) uma decomposição gradual dos polímeros em conformidade com sua acessibilidade.
- b) a eliminação rápida dos produtos de reação formados do espaço de reação no momento de seu rendimento máximo.

Estas exigências básicas foram levadas em consideração quando da construção da instalação de formação de xilose mencionada para a Finlândia. O processo empregado chama-se "processo de açucarificação por percolação", cujo princípio consiste em eliminar rapidamente da zona de reação, o açúcar formado no trecho ascendente da curva II



após cerca de 40 minutos, a saber, interromper a reação por resfriamento a fim de evitar uma decomposição do açúcar. A eliminação do açúcar formado do espaço da reação é levada a efeito pela alimentação de várias cargas de lavagem constituídas de soluções de açúcar de concentração decrescente. Este princípio de trabalho, da percolação e recirculação, não possibilita apenas a redução ao mínimo da decomposição do açúcar, mas, também, a extração ótima do açúcar formado da matéria-prima e do resíduo da matéria-prima. Além disto, a concentração de açúcar é aumentada gradualmente a valores de até 15%, o que é um fato importante para o balanço da energia do processo.

A figura (VI) representa o princípio da lavagem e do aumento da concentração resultante para a solução à concentração máxima da solução básica de açúcar separada do sistema.

As duas curvas seguintes, (Quadro VII) provenientes de medições de operação, permitem a comparação do processo de percolação novo, segundo Choller, com o processo clássico, sobretudo em relação às vantagens do primeiro para o logro de uma separação mais clara e seletividade entre as pentoses facilmente hidrolisáveis e as hexoses cuja hidrólise é mais difícil.

Na região de rendimento máximo da pentose com cerca de 175°C já acontece um aumento considerável da formação de hexose (Quadro VIII).

Contrário a isto, o gráfico anterior demonstra que, empregando-se o processo de percolação, existem somente 25% das hexoses obtidas segundo o processo antigo quando o rendimento da pentose é idêntico. O gráfico indica, outrossim, a aplicação de duas fases de reação seguidas de uma fase de lavagem, para a hidrólise prévia da madeira de faia. Este procedimento considera o fenômeno que no caso das pentoses da madeira de faia existe uma fração de pentose facilmente hidrolisável e mais uma que é mais difícil de hidrolisar, a saber, duas frações com constantes de reação diferentes.

A figura IX assinala uma ilustração esquemática de uma instalação de hidrólise. Os componentes mais importantes são os seguintes:

- o percolador
- o sistema de ácido de alimentação e de retorno
- o sistema de extração e estocagem e
- a bomba para carga de ácido e de solução de lavagem

A preparação da solução de açúcar que contém a xilose é feita mais ou menos conforme o princípio clássico. Os detalhes das etapas individuais do processo despreendem-se do diagrama em blocos a seguir (Quadro X).

Uma característica essencial do processo de preparação é a hidrogenação da solução de xilose purificada, sem interposição de um estágio de cristalização da xilose (Quadro XI).

Finalmente, algumas anotações referentes à economia da instalação para a produção de xilita.

É natural que o preço da matéria-prima tenha uma influência decisiva, definido principalmente pelos fatores constituintes tais como a disponibilidade dentro de certa região da instalação, bem como o volume útil de transporte para a usina, ou seja, o volume

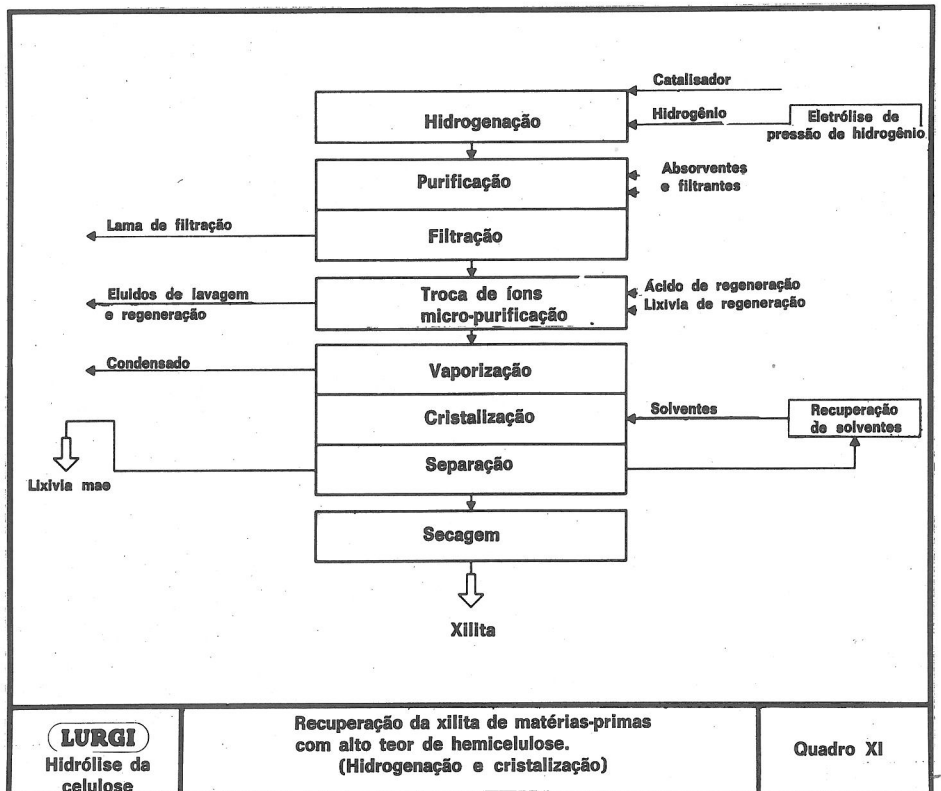
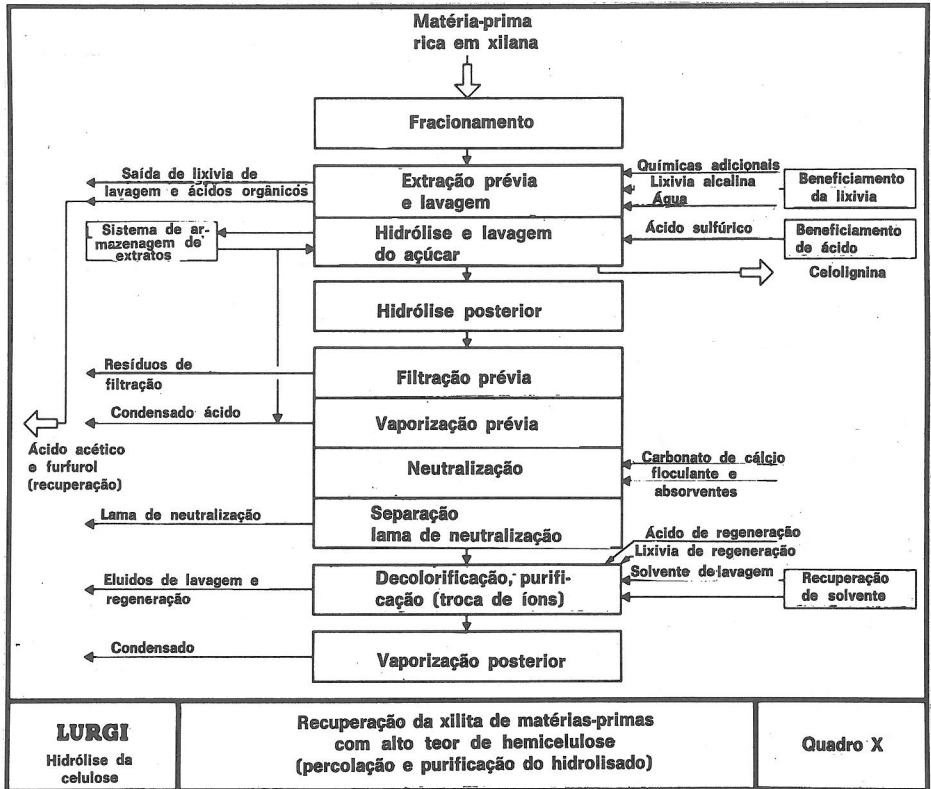
aparente do material. Considerando valores de custo equivalentes aproximadamente à potência calorífica da matéria-prima no local da instalação, a economia de uma instalação de xilita parece dada a partir de uma capacidade anual de 2.000 toneladas, baseada num preço da xilita da ordem de DM 3,50/Kg.

O Quadro XIII assinala o produto total em relação à linha de custos. O "break-even point" (ponto de compensação de cus-

tos) é dado com 87%, da capacidade nominal da usina.

O diagrama indica, ainda, a relação de custos entre a matéria-prima e as despesas de operação.

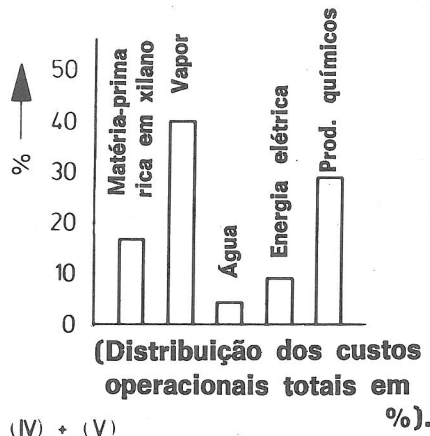
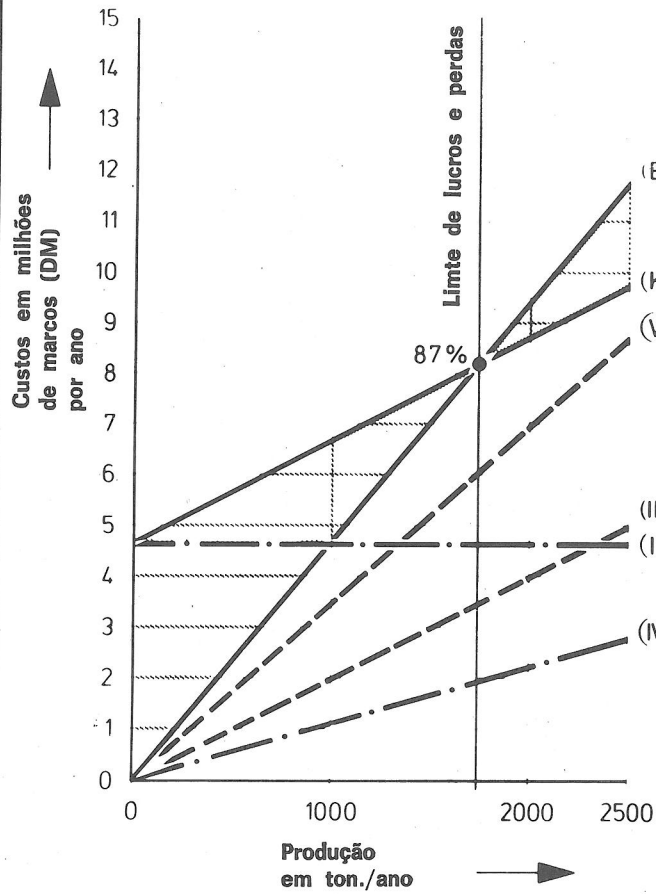
Finalmente, duas fotografias da instalação de hidrólise da empresa **S u o m e n S o k e r i e m K o k t a**, Finlândia, que iniciou a operação em 1974, para a produção de cerca de 2.000 t/a de xilita.



Resultados (estimados)

Xilita	3500 DM/t
Furfurool	3000 DM/t
Ácido acético	900 DM/t
Lixivia mae	1000 DM/t
Cellolignina	50 DM/t

(Valor calorif.)

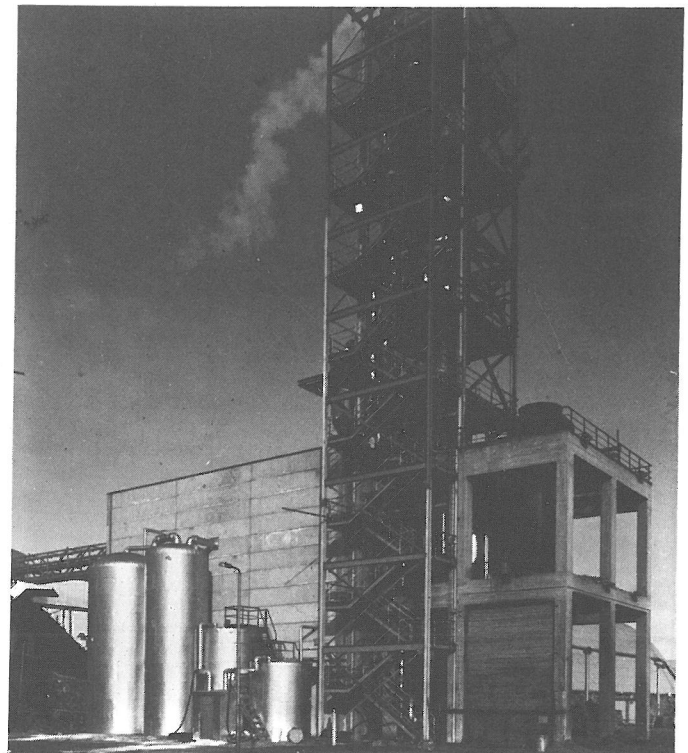


- (E) = Resultado total
- (K) = Custos totais
- (V) = Resultado parcial Furfurool
- (I) = Ácido acético
- (II) = Xilita — lixivia mae
- (III) = Cellolignina
- (V) = Resultado em xilita
- (II) = Custos fixos totais
- (III) = Custos operacionais

LURGI
Hidrólise da celulose

Estimativa da economia de uma instalação para produção de xilita (capacidade projetada para 2000 ton. anuais)

Quadro XII



Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

PAINEL II

“OUTRAS FONTES NÃO-CONVENCIONAIS DE ENERGIA”

Sessão realizada às 19h00 do dia
9/8/77, no Auditório E do Palácio
das Convenções do Parque
Anhembi — SP.

PRODUÇÃO DE CARBURANTE DERIVADO DA CANA-DE-AÇÚCAR

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **MANOEL SOBRAL**
Unicamp

MODERADOR

— **ALBERTO P. DE CASTRO**
IPT/USP

CONFERENCISTA

— **PIERRE MARCEL CHENU**
Copersucar

DEBATEDOR:

— **SÉRGIO TRINDADE**

PRODUÇÃO DE CARBURANTE DERIVADO DA CANA DE AÇÚCAR

Pierre M. A. Marcel Chenu

Sumário Summary

Considerações sobre as exigências e tolerâncias climáticas da cana-de-açúcar no território nacional e sua respectiva eficiência de transformação de energia no processo fotossintético.

Discussão sobre manejo e rendimentos volumétricos da cultura da cana no Estado de São Paulo, com vistas ao máximo aproveitamento do potencial evapotranspiratório regional, através da prática de irrigação complementar.

Análise da estrutura dos custos de produção da unidade de cana-de-açúcar e, posteriormente, da produção de álcool, e possibilidades de minimização desses custos através da introdução e aperfeiçoamento de tecnologias.

Estudo crítico sobre o balanço energético de uma usina de cana-de-açúcar que pode gerar apreciável excedente de bagaço de cana, que por sua vez, através de processos adequados, poderia produzir 1 bilhão e 250 milhões kwh/ano, potencial superior à energia elétrica térmica do Estado de São Paulo.

Considerações sobre os processos fermentativos de transformação da cana em álcool e sobre a atual política de mistura de álcool à gasolina, que poderia ser mais eficiente se, ao invés da adição do álcool anidro, fosse feita a sua substituição integral, pelo álcool retificado 96 GL, de menor custo de produção.

Production of Carbuertants From Sugar-Cane

Considerations on sugar-cane climatic demands as tolerance in the national territory and on its efficiency on energy conversion in the photosynthetic process.

Discussion about handling and volumetric output of sugar-cane culture in the State of São Paulo, in view of major utilization of local evapotranspiratory potential, through complementary irrigation practice.

Analysis of costs structure of the sugar-cane unit production, and subsequently of alcohol production, and possibilities of minimizing these costs through technologies introduction and improvement.

Critical study of the energy budget of a sugar-cane plant that can produce considerable surplus of crushed sugar-cane culture in the State of São Paulo, in view of could produce 1 billion and 250 million kwh/year, a potential higher than the termic electric energy of the State of São Paulo.

Considerations on fermentative processes of sugar-cane conversion, and about the actual policy of adding alcohol to gasoline, what could prove more efficiency if, instead of the addition of anhydrous alcohol, its integral replacement by redistilled alcohol 96 GL were made, for this kind of alcohol has lower production costs.



O doutor Pierre Marie Antoine Marcel Chenu é, atualmente, Chefe da Divisão Técnica Industrial da Copersucar. Engenheiro Agrônomo do Institut National Agronomique (Paris), Chefe de Culturas da Usina Paraíso (Campos, R.J.), 1955 — 1962. Chefe de Culturas da Usina Junqueira (SP), 1962 — 1965. Chefe de Culturas da Usina Salgado (Pernambuco), 1966. Gerente Industrial da Usina Tamoio (SP), 1967 — 1969. Gerente Industrial da Usina Rio Grande (Minas Gerais), 1969.

PRODUÇÃO DE CARBURANTE DERIVADO DA CANA DE AÇÚCAR

Pierre M. A. Marcel Chenu

A cana é uma planta tropical e subtropical por excelência, e se desenvolve ou pode se desenvolver, em termos agrícolas e industriais, em quase todos os climas do Brasil. Todavia, como as geadas geram problemas de industrialização, as regiões sujeitas a geadas rotineiras devem ser eliminadas; interior do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Do ponto-de-vista pluviométrico, a cana se desenvolve naturalmente, com precipitações mínimas, da ordem de 1 metro por ano, repartidas em 4 ou 5 meses, o que engloba grande parte dos climas brasileiros. Para os climas mais secos, a cultura industrial da cana deve recorrer à irrigação, obtendo-se, então, resultados agrônômicos espetaculares, devido à insolação e temperatura ótima dessas regiões.

Quanto aos solos, com as suas inúmeras variedades híbridas modernas, a cana se adapta em mais ou menos todos os tipos de solos agrícolas, com fertilização de complementação normal a todas as culturas.

Em matéria de capacidade de produção anual total de carboidratos por hectare, se comparada com outras culturas, a cana encontra-se em primeiro lugar, devido a sua alta eficiência no processo de fotossíntese. Certamente, esta eficiência é bem baixa, da ordem de 0,6% da energia solar recebida. Mas, se considerarmos a cana industrial produzida anualmente por um hectare de terra, de 80 toneladas, por exemplo, cana que tem 25% de matéria seca com poder calorífico de 4.250 calorias/quilogramas, calculamos que temos um potencial de 85.000.000 calorias, ou seja, equivalente a um caminhão de óleo cru.

Evidentemente, logo vem a pergunta seguinte: se a cana é uma planta tão boa, por que ela não invadiu já todo o Brasil? E por que não temos hoje um imenso canavial, ou, mais exatamente, um mar de cana de 1.000.000 de km², correspondendo energeticamente a 8.000.000.000 de toneladas de óleo cru, ou seja, muitas vezes mais que as necessidades energéticas do Brasil?

Simplesmente porque não existia a crise energética. A cana foi cultivada somente para produzir açúcar para consumo interno e um pouco para consumo externo. E, também, o preço do óleo cru era barato demais.

POTENCIAL AGRÍCOLA DA CANA

Não descreveremos aqui, as práticas cul-

turais da cana que são conhecidas de todos. Somente lembramos que, no que segue, consideramos um ciclo de 4 anos, sendo um plantio e 3 anos de cortes anuais, que é a rotina atual.

Os rendimentos agrícolas atualmente obtidos pelas usinas de São Paulo são os seguintes, por hectare:

1.º corte	100 toneladas
2.º corte	70 toneladas
3.º corte	50 toneladas
	220 toneladas

Ou seja, em quatro anos de ciclo, uma produção anual média de 55 toneladas.

Quais são as possibilidades de aumento de produção por hectare?

A cultura da cana praticada pelas usinas de São Paulo já atingiu um grau tecnológico razoável como cultura semi-intensiva: escolha de variedades, controle fitossanitário. Todavia, os estudos agrônômicos, que são sempre lentos quanto às suas conclusões, nos permitem atingir 70 toneladas por hectare, em termos econômicos.

Evidentemente, nesse tipo de cultura semi-intensiva, as variações anuais de produção são grandes, ligadas às variações das condições climáticas, atingindo hoje cerca de 25%. Quanto mais intensiva se tornar a cultura, menores serão as variações. Se compararmos com muitas outras culturas, essas variações de produção anual são, todavia, pequenas, isso sendo proveniente do fato de que a cana, vegetando o ano todo, faz a sua própria média das condições climáticas mensais.

Novo aumento de produtividade, até 100 ou 110 toneladas/hectare, pode ser alcançado pelo uso de irrigação complementar, aproveitando assim, ao máximo, o potencial evapotranspiratório da cana na região. Mas isso supõe investimentos de vulto, de rentabilidade duvidosa nas condições econômicas atuais.

Evidentemente, quando falamos em 55, 70, 100 toneladas/hectare/ano, estamos falando em termos média de padrão de terra agrícola do Estado de São Paulo. A produtividade depende da fertilidade do solo, sendo que as correções e as adubações complementares reduzem essas diferenças, mas não chegam

a anulá-las. Assim; em terra roxa, é comum falar em 150 toneladas/hectare, em cerrado 100, e em campo 60. Infelizmente, todas as terras não são roxas!

Além de todas as garantias agrônômicas (cultura altamente conhecida e divulgada), a cana, hoje, apresenta um ponto favorável quanto às suas possibilidades de expansão rápida: a cana é uma lavoura totalmente mecanizada, não dependendo, então, de recursos humanos numerosos e de baixa faixa salarial. O tempo dos chamados "bóias-frias" foi superado nas lavouras industriais do Estado de São Paulo. A operação do corte que era totalmente manual, é hoje já parcialmente mecanizada de maneira satisfatória, técnica e economicamente. Podemos contar que 20% do corte das usinas é feito mecanicamente, durante a presente safra. As máquinas, inicialmente importadas, já estão, agora, dentro de fabricação nacional, e a tecnologia nacional deve, em poucos anos, atingir um grau de desenvolvimento plenamente satisfatório.

Assim, a expansão da lavoura de cana baseada sobre uma mão-de-obra mínima especializada, com justa remuneração salarial, pode ser um fator de grande valia na fixação da mão-de-obra rural.

Do ponto de vista econômico, o preço da cana é hoje de Cr\$ 158,00 a tonelada, sendo a composição de custos representado no gráfico n.º 1.

Em quanto esperamos reduzir este custo?

Nos custos de lavoura, adubos, administração, capital fixo de giro, acreditamos que não se poderá reduzir muita coisa. No custo de terra, contado a 4,5% ao ano, não se poderá ganhar também grande coisa. Com a expansão das lavouras de cana, as terras vão obter certa valorização, minimizando reduções que hoje poderiam existir. Também, a expansão nas terras mais fracas vai fornecer canas com um custo proporcionalmente menor no setor terra, mas nas quais os custos de produção de adubações complementares vão ser maiores, um compensando o outro.

Nos setores corte, carregamento e transporte, pensamos todavia ser possível obter uma boa melhoria de custo. Já falamos que as máquinas atuais são de tecnologia estrangeira que se tenta adaptar às nossas condições. No setor de transporte pensamos, todavia, ser possível obter uma boa melhoria de custo. Na maioria dos casos, foi adotado o sistema de transporte rodoviário comum. Acreditamos que, com o desenvolvimento da

cultura da cana, oferecendo um bom mercado de consumo para os fabricantes de máquinas cortadoras, e de veículos de transporte, esses dois setores devem melhorar bastante, e obter uma redução da ordem de 40% sobre os custos atuais. Esses dois setores representam um total de 30% sobre o preço da cana, podendo, assim, contar que o custo poderá chegar a somente 90% do custo atual.

POTENCIAL INDUSTRIAL DA CANA

Até hoje, a cana foi somente considerada como a matéria-prima para fabricação de açúcar, sendo o álcool um subproduto.

Em termos médios, podemos admitir, no Estado de São Paulo, a seguinte produção por tonelada de cana:

Açúcar 94 kg
Alcool 12 litros (chamado "álcool residual")

No caso de fabricação de álcool direto, pode-se admitir uma produção de 70 litros.

Logo, vê-se que a transformação açúcar-álcool é feita na base de 1,62 kg de açúcar/litro de álcool.

A conversão do açúcar em álcool responde à seguinte reação teórica (Gay Lussac):
 $C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
673 Cal. 655 Cal.

Do ponto-de-vista químico, a transformação do açúcar em álcool é bastante eficien-

te, apresentando uma perda de somente 16 calorias por molécula-grama de glucose, ou seja, uma eficiência de 97,3%.

Na prática, esta transformação é interessante, permitindo uma concentração de energia por unidade de peso de combustível. Tíngamos 3 794 calorias por quilograma de glucose, e após transformação temos 7 120 calorias por quilograma de álcool.

Todavia, no processo de transformação de glucose em álcool pelo processo fermentativo, a eficiência não é tão boa e admitindo o rendimento de Pasteur como um máximo prático, obtemos somente 0,6133 litros de álcool por quilograma de glucose em lugar de 0,6467 na transformação de Gay Lussac. Assim, do ponto-de-vista energético, a eficiência da transformação é somente de 92,3%.

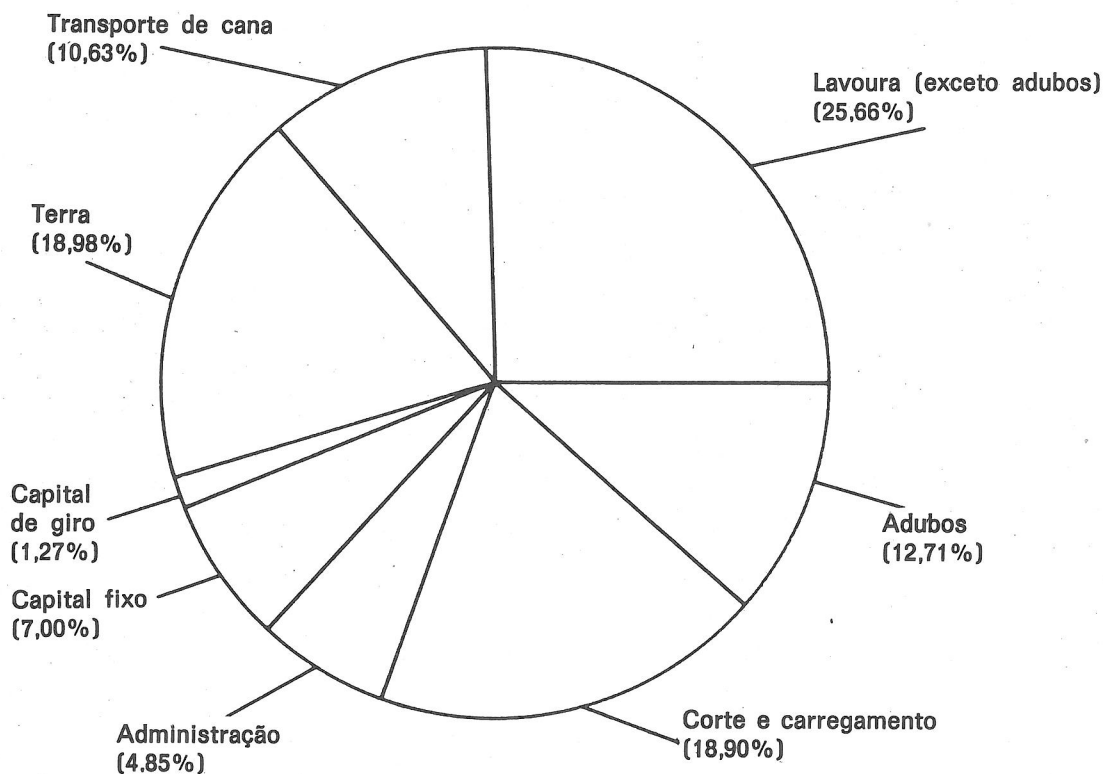
Não entraremos nos detalhes do processo de fabricação de álcool a partir da cana, já bastante conhecido. Somente diremos que o caldo é extraído da cana por meio de moenda ou de difusor, com uma eficiência de 95%. E fermentado a seguir por processo descontínuo ou contínuo; enfim, é destilado em aparelhos contínuos, obtendo-se um produto contendo, em volume, 96% de álcool e 4% de água. Se quisermos obter maior concentração em álcool, opera-se então a desidratação do álcool, também realizada em colunas contínuas pelo processo azeotrópico (geralmente com benzol) ou pelo processo de absorção (geralmente com glicerina).

O bagaço de cana, separado na operação da extração do caldo, é enviado para as caldeiras, produzindo vapor que vai acionar as máquinas do conjunto (moendas, turbogenerador etc.) e a seguir, sob a forma de vapor de escape, vai fornecer as calorias necessárias ao funcionamento das colunas destilatórias e desidratadoras.

Quais seriam as melhorias que poderiam se esperar neste processo industrial?

A tecnologia atualmente utilizada pelas usinas do Estado de São Paulo já atingiu um bom grau de desenvolvimento. No processo de extração realizado por moendas, atinge-se 95% de eficiência, não podendo esperar-se resultados muito maiores. A introdução da difusão, teoricamente, não melhoraria muita coisa e praticamente seria questionável atualmente. No processo de fermentação, o sistema atual descontínuo com recirculação da levedura atinge uma eficiência de 95%, se comparado ao rendimento de Pasteur, anteriormente citado. A média atual em São Paulo é da ordem de 90%. Acreditamos que atingiremos rapidamente acima de 95% com maiores cuidados operacionais e introdução de melhores variedades de Sacaromyces. A introdução da fermentação contínua não traria teoricamente muitas vantagens, e prática e economicamente seria discutível. Quanto aos aparelhos destilatórios, os fabricantes nacionais têm uma tecnologia satisfatória.

GRÁFICO I — COMPOSIÇÃO DOS CUSTOS DA TONELADA DE CANA



Assim, em termos de produção de álcool a partir do caldo de cana, não temos muita melhoria de eficiência a esperar e o número de 70 litros de álcool/tonelada de cana pode ser mantido.

Mas, por outro lado, do ponto-de-vista potencial energético total da cana, muito progresso pode ser feito a curto prazo, com melhor utilização do bagaço. E isto é válido tanto para as usinas de açúcar com destilaria anexa já existente, como para as destilarias de cana a serem instaladas.

De fato, a cana fornece aproximadamente 250 kg de bagaço por tonelada, quantidade essa variando ligeiramente com o teor de fibra da cana. Este bagaço corresponde à fibra da cana, mais um pouco de açúcares não extraídos e água, sendo este teor de água da ordem de 50% do peso total do bagaço. Do ponto-de-vista energético, este bagaço tem um poder calorífico superior, da ordem de 2.274 calorias/quilograma. Mas como este bagaço é queimado em caldeiras, onde o vapor de água, resultando da água de composição e de combustão, sai sob a forma de vapor junto com os gases da chaminé, devemos contar somente o poder calorífico em poder calorífico inferior, ou seja, da ordem de 1.800 calorias/quilograma de bagaço.

A eficiência global das caldeiras atuais para bagaço é da ordem de 80%. Assim, cada quilograma de bagaço pode produzir 1.440

calorias sob a forma de vapor. Este vapor é atualmente produzido nas caldeiras a uma pressão suficiente para assegurar o equilíbrio energético e térmico da usina ou destilaria. Esta pressão, antigamente da ordem de 10 kg/cm², é hoje na faixa dos 18 kg/cm², dependendo das características das máquinas-motores e do esquema de vapor do processo. Assim, em marcha normal, uma usina de açúcar com destilaria anexa, ou uma destilaria autônoma, não necessita de comprar combustível nem energia elétrica, e mesmo, se planejada para isso, deve sobrar bagaço em quantidade da ordem de 30 a 100 kg/toneladas de cana. Como não há valorização do bagaço atualmente, as usinas não têm interesse em ter sobra. Mas esta sobra é de fácil obtenção, necessitando pouco investimento, até, acreditamos, menor investimento que o atualmente necessário em caldeiras para queimar todo o bagaço.

De qualquer maneira, as usinas, ou as possíveis destilarias, produzem uns 500 kg de vapor por tonelada de cana moída, vapor este a uns 18 kg/cm² de pressão, normalmente saturado ou pouco superaquecido, obtendo-se assim o perfeito equilíbrio energético e térmico.

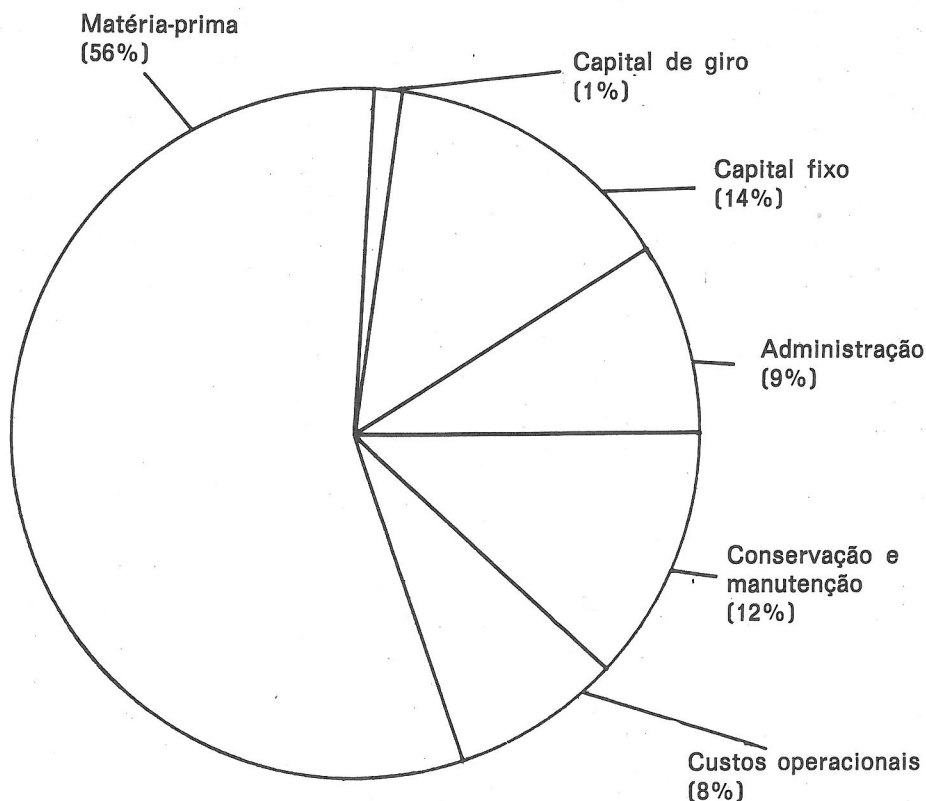
Por que não gerar este vapor a maior pressão e assim gerar um excedente de energia elétrica, vendendo esta energia às concessionárias, reduzindo assim a produção das centrais térmicas que estão queimando óleo?

Uma tonelada de cana, fornecendo 250 kg de bagaço, produz 500 kg de vapor a 18 kg/cm² com uma entalpia de 668 calorias, produzindo os HP necessários na fábrica e assegurando o consumo do processo. Esta mesma tonelada de cana pode produzir 411 kg de vapor a 60 kg/cm² e 450° com 790 calorias de entalpia, considerando a mesma eficiência global das caldeiras. Lembramos que temos águas condensadas a 100°C, proveniente do processo em quantidade excedente.

Este vapor vai ser distendido num turbogerador, sendo o escape fixado a 18 kg/cm² para alimentar as máquinas existentes. Considerando que o turbogerador tem uma eficiência global termodinâmica de 70% somente, geraremos 0,061 kw/h por kg de vapor hora, ou sejam, 25 kw hora por tonelada de cana moída. No escape, após desuperaquecimento, obteremos 461 kg de vapor a 18 kg saturado para o funcionamento normal da fábrica. Já temos uma usina de açúcar trabalhando com tal esquema.

Considerando que o Estado de São Paulo produz atualmente uns 50 milhões de toneladas de cana, calcula-se que podemos produzir nada menos que 1 bilhão e 250 milhões kwh/ano ou seja mais que a energia elétrica térmica do Estado de São Paulo, coincidindo os 5 meses de estiagem, quando as hidroelétricas estão nos seus mínimos. Considerando que em uma central elétrica produz-se 1 kwh com 0,33 kg de fuel-oil, calcu-

GRÁFICO II — COMPOSIÇÃO DO CUSTO DA PRODUÇÃO DE ALCÓOL



la-se uma economia de 416 mil toneladas de óleo/ano. A diferença de preço, entre caldeira de 60 kg/cm², comparado com as caldeiras comuns a 18 kg/cm², representaria um investimento total suplementário para todas as usinas do Estado de São Paulo, da ordem de Cr\$ 625.000.000,00. Logo, vê-se que este investimento adicional seria pago em dois anos pela simples economia de fuel-oil.

O Havai, que dispunha de petróleo a baixo custo, já adotou esse sistema e parte da energia elétrica necessária nas ilhas é produzido pelas usinas de açúcar.

O preço do álcool é hoje fixado em Cr\$ 3,89 o litro. A composição de custo é representada no gráfico n.º 2.

Quais seriam as possibilidades de redução de custo?

Falamos anteriormente que, em linhas gerais, o atual processo de transformação da cana em álcool é relativamente eficiente. Assim, acreditamos que pode ter somente melhorias de detalhes nos setores custos operacionais, conservação e manutenção, talvez chegando a uma redução de custos da ordem de 5%.

Temos visto que as usinas de açúcar talvez pudessem ter uma produção suplementária de 25 kwh por t de cana. No caso de destilaria autônoma, o consumo de energia elétrica é menor e podemos ter uma produção de 35 kwh por tonelada de cana. Assim,

teríamos 1 tonelada de cana igual a 70 litros de álcool mais 35 kwh.

Visto sob o ângulo nacional e não mais empresarial, o quadro se modifica um pouco.

Sob o ângulo produção, 1 tonelada de cana não produz 70 litros de combustível, mas somente 67 litros, sendo que para produzir esta tonelada de cana precisamos queimar combustível nos tratores e caminhões, que se fossem a álcool, corresponderia a 3 litros. Mas isso não é problema, devendo somente plantar mais 4% de área.

Sob o ângulo custo, deve ser feita a comparação com o óleo cru. Hoje, esse óleo cru é na base de US\$ 15,0 o barril, ou seja, Cr\$ 1,42 o litro, contando no preço oficial do dólar. Se contado no preço real, o chamado **Blue Ribbon**, este preço eleva-se a Cr\$ 1,70. Tem mais as despesas de transporte, refino e distribuição. O álcool sai das destilarias já refinado e normalmente próximo dos centros consumidores do interior.

Consideramos a composição de custo de produção de álcool no gráfico n.º 3, que é uma composição dos gráficos 1 e 2.

O fator terra, que representa 10,6% do custo total, não deve ser considerado. O Brasil tem muitas terras agrícolas inexploradas ou com exploração do tipo altamente extensivo. E podemos plantar 100 mil km² de cana, capazes de produzir 35 bilhões de litros de álcool, sem necessitar diminuir a produção atual de qualquer produto agrícola.

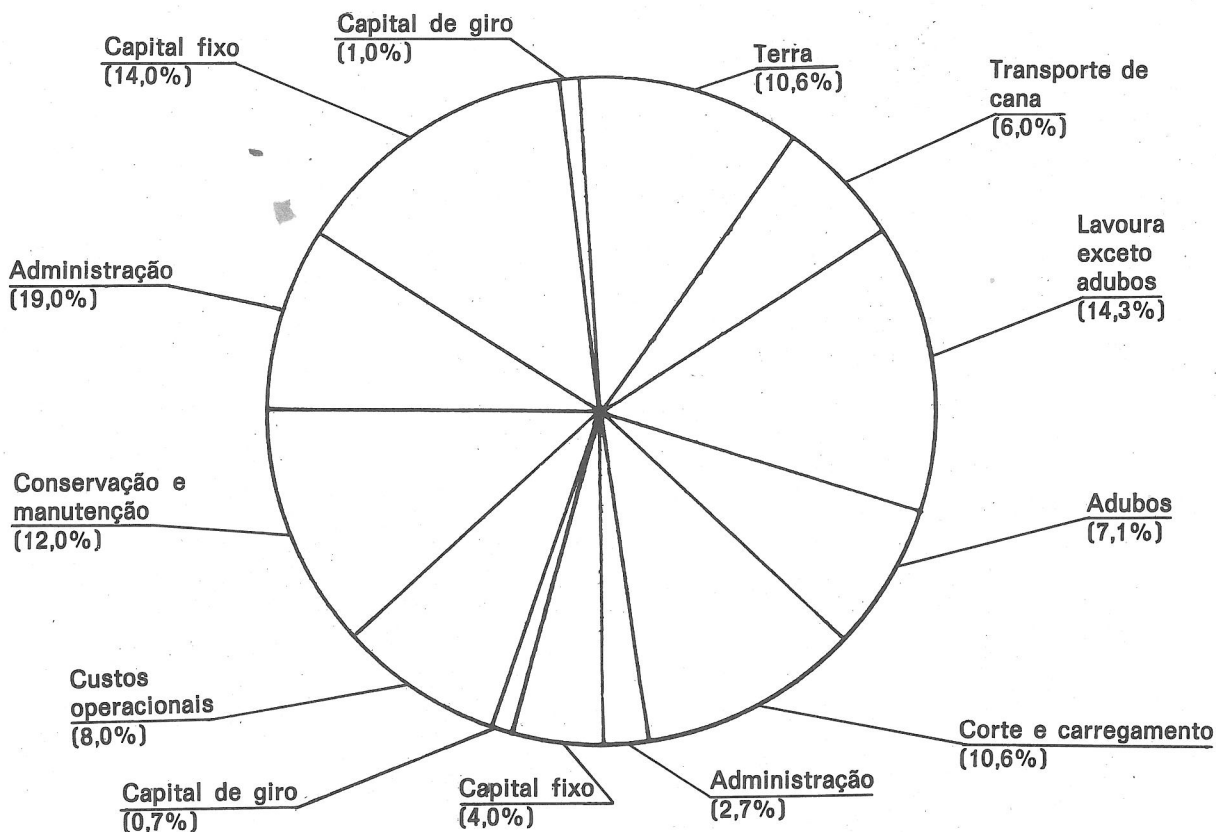
A mão-de-obra é também super-abundante, ou mais exatamente, sub-ocupada. E a extensão da lavoura de cana, sendo esta toda mecanizada, pode-se fazer sem descobrir nenhum outro setor. Os custos de mão-de-obra direta são de 10,19% do custo total do álcool na parte industrial e 14,5% na parte agrícola, ou seja, da ordem de 25% do preço do álcool. Este custo de mão-de-obra é uma valorização da mesma, não um custo.

A energia elétrica produzida excedentemente pelas destilarias é de 35 kwh, representando hoje a queima de 12 kg fuel-oil, ou seja, da ordem de Cr\$ 12,00, que representa um aumento de valorização da cana, isto é, uma redução de custo do álcool da ordem de 5%.

Assim, o preço atual de Cr\$ 3,89 por litro, o álcool tem do ponto-de-vista nacional, um custo real 40% menor (10,6% da terra, 25% da mão-de-obra direta e 5% da energia elétrica), ou seja, Cr\$ 2,33 o litro.

Na atual política de mistura do álcool com a gasolina, deve também ser considerado que o álcool tem somente 7.200 calorias/quilograma, inferior à gasolina e que com os motores atuais, de baixa taxa de compressão, isso leva a um maior consumo de combustível por quilômetro rodado. Não há dúvida que esse baixo poder calorífico pode ser compensado pelo aumento da taxa de compressão dos motores. Mas, para isso, precisamos fabricar os motores e garantir o com-

GRÁFICO III — COMPOSIÇÃO DO CUSTO DA PRODUÇÃO DE ALCÓOL



bastível adequado para estes. Por que não fabricar álcool retificado comum, a 96 GL e alimentar esses motores apropriados somente com este álcool? Este álcool a 96 GL é de produção mais simples do que o anidro e o preço, hoje, é fixado em 10% mais barato.

O Brasil, tendo o potencial agroindustrial suficiente para garantir toda a sua produção

de combustível-álcool a um custo mais baixo do que os combustíveis derivados de petróleo, pode pensar em eliminar esses, cortar as importações de petróleo, e guardar o seu próprio petróleo como matéria-prima para as suas indústrias químicas.

Pessoalmente, não acreditamos em um colapso energético da humanidade. Tem ain-

da na terra bastante petróleo, carvão, energia atômica, dando tempo para o homem descobrir e controlar a fusão nuclear, obtendo uma fonte inesgotável de energia.

E neste prazo, particularmente para o Brasil, com o seu clima tropical úmido, a cana de açúcar pode resolver o problema em termos quantitativos e econômicos.

DEBATES

SÉRGIO TRINDADE — Penso que não será preciso instigar muito os debates, porque as perguntas estão-se acumulando sobre a mesa.

Gostaria, inicialmente, de expressar a minha satisfação pela excelente palestra aqui apresentada pelo Eng. Chenu e apenas a título de esclarecimento, mais do que instigação, indagar se o valor apresentado como o preço do álcool, a Cr\$ 3,89, se refere efetivamente a preço fixado pelo IAA ou se se trata de custo de produção de álcool. Ainda nesse ponto, se o conferencista poderia distinguir custo de produção de álcool entre álcool de melação e álcool direto.

PIERRE MARCEL CHENU — O preço de Cr\$ 3,89 é o atual preço, liquidação, sem as taxas normais de comercialização. É o preço PBU. A discussão sobre o valor do álcool direto, álcool residual, tudo depende do valor que é fixado para o melação. Este é realmente um preço fictício, porque 1 t de cana me fornece 94 kg de açúcar e mais 12 litros de álcool. Mas eu posso fabricar mais melação, desviá-lo para a fabricação de álcool. Na composição de preço, pode-se atribuir um valor maior para o açúcar, para reduzir o valor do melação final na composição de preços, ou também posso fazer o contrário. Quer dizer, esse é apenas o preço oficial, organizado. Para mim não há diferença de preço ou de custo, entre um e outro, a partir da hora em que produzimos a cana e a transformamos, conforme o preço, a conveniência, em açúcar ou em álcool. Podemos produzir desde 94 kg no máximo, mais 12 litros de álcool, que é o mínimo de álcool, e podemos ir tranquilamente até os 70 litros de álcool, não faz diferença, porque o processo é o mesmo.

SÉRGIO TRINDADE — Apenas a destilaria autônoma não tem a possibilidade de fazer açúcar. Nesse caso, ela não teria flexibilidade que tem a destilaria anexa. Portanto, eu gostaria de saber se o custo estimado para álcool produzido é superior ou inferior ao preço fixado.

PIERRE MARCEL CHENU — Seria preciso ver o custo atualizado, que acho deve corresponder mais ou menos, à composição de custo que é feita. Acontece que hoje há sempre uma desatualização da composição de custo, porque o tempo em que se a faz e com a inflação, provoca uma defasagem, mas a diferença é mínima: talvez 10%.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta do Sr. Pedro Paulo Ladeira: 1) Não há perigo da

cana vir a substituir outras culturas, em prejuízo dessas, em virtude exigir solos férteis? 2) O que fazer com a borra, para evitar a poluição?

PIERRE MARCEL CHENU — Antigamente a cana era plantada depois do café. Como havia abundância de terra, o café era plantado em terra roxa. O café ia para a frente abrindo as terras e a cana entrava nas terras roxa.

A seleção de variedade, também não existe, digamos, em relação à cana híbrida. Hoje todos os centros de cana fazem cruzamento e temos inúmeras variedades, que permitem obter o máximo do terreno, desde a terra roxa até o campo, a partir da hora em que temos a chuva, mais ou menos 1 metro por ano. A cultura da cana pode crescer, portanto, tranquilamente, sem prejudicar a produção de qualquer outra cultura.

O segundo ponto deve ser o problema da vinhaça, que é problema atual, mas que já tem solução. Ela pode ser facilmente concentrada de maneira econômica começando no processo de destilação. Até hoje o processo de destilação nunca foi feito com o sentido de reduzir o volume de vinhaça para valorizá-la, porque esta foi sempre considerada como um despejo. Agora, não devemos nos esquecer que do ponto-de-vista agrícola todas as impurezas, sais minerais, todos os fertilizantes que se colocam nos canais vêm sair junto com a cana, sendo que consideramos como impureza a sacarose e a glicose. Então, a vinhaça leva consigo todos os fertilizantes de que precisamos na lavoura.

No atual estado de produção de destilaria anexa, só para reciclagem de 50% da vinhaça, não chegamos a nenhuma toxidez da levedura, a nenhum inconveniente para o processo fermentativo. Só aí já temos reduzidos 50% da vinhaça, do seu volume, valorizando-a. Isso em primeiro lugar.

Depois tem o **scruber húmido**, que utilizamos nas caldeiras para evitar o problema de areia, que vai para o seu inferior, e a erosão das mesmas. Não podemos recuperar uma caldeira que tenha 80% de eficiência, onde temos, sempre, uns 10% das calorias, que não podemos recuperar. Depois, podemos sofisticar como quisermos o sistema, aproveitando para concentrar a vinhaça num valor real, como adubo, com o mesmo valor de um adubo mineral. Felizmente, temos a vinhaça, do ponto de vista agrônomo, que é o retorno de todos os adubos que colocamos na lavoura, e eu não considerarei isto na constituição de preços.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta de R. Faure, da Indusplan — Qual o custo e rentabilidade do processo de queima da vinhaça para produzir adubos?

PIERRE MARCEL CHENU — O ano passado, participando de um congresso sobre a vinhaça, o assunto foi bastante discutido. Eu não pretendo queimar vinhaça. Por que destruir tanta matéria orgânica, de que estamos precisando, para obter elementos minerais? Acho que devemos pensar em concentrar a vinhaça, em 40 ou 50 briques, e retornar aos canais. Apresentei essa idéia.

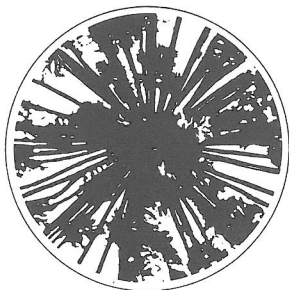
Se uma tonelada de cana produz 150 litros de vinhaça, podemos reduzir essa quantidade em 50 litros e não custa nada colocar embaixo dos caminhões que transportam a cana um tanque de 500 litros para armazená-la. Quando for carregar o caminhão, pode descarregar essa vinhaça sem custar nada, uma vez que toda a cana vem da lavoura para a usina e toda a vinhaça tem que ir da usina para a lavoura. Na mesma proporção, até do ponto de vista agrônomo, é só fazer a complementação dessa adubação, o que é normal.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta de Fátima Márquez, da Faculdade Rural do Rio de Janeiro — 1) A produção de álcool pelo processo direto também acarreta problemas de poluição, como vem ocorrendo, por exemplo, no rio Piracicaba, pelas usinas açucareiras, produtoras também de álcool? 2) Existem meios econômicos de se controlar a poluição das usinas açucareiras? Como?

PIERRE MARCEL CHENU — O Rio Piracicaba é lendário. Hoje, realmente, posso garantir que não há uma gota de vinhaça jogado nele. A poluição não vem absolutamente das usinas de açúcar. Hoje, ninguém pode jogar nada dentro do rio. Posso garantir que a CETESB está fiscalizando. Temos os desenhos, projetos aprovados, e não há vinhaça no rio; não há poluição.

Quanto ao controle da poluição das usinas açucareiras, é importante dizer-se que toda a poluição vem da vinhaça. Hoje, esta poluição já foi eliminada, porque não há uma usina de açúcar atualmente que precise de tanta água como antigamente, que precise viver em circuito aberto. Temos dezenas de circuitos completamente fechados, não sugando nenhuma gota de água do rio e não jogando uma gota fora. Não há nenhum poluente. Meios econômicos para controle da poluição são todos os projetos da CETESB financiados por bancos, e meios fixados em Lei. Não vejo problema especial no assunto.

Seminário



FLORESTA potencial energético brasileiro

PAINEL II

Sessão realizada às 20h00 do dia
9/8/77, no Auditório E do Palácio das
Convenções do Parque do Anhembi
— SP.

PRODUÇÃO DE CARBURANTE DERIVADO DA MANDIOCA

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **MANOEL SOBRAL**
Unicamp

MODERADOR

— **ALBERTO P. DE CASTRO**
IPT/USP

CONFERENCISTA

— **SÉRGIO TRINDADE**
Centro Eng. Promon

DEBATEDOR:

— **ANDRE TOSELLO**
Diretor ITAL

PRODUÇÃO DE CARBURANTE DERIVADO DA MANDIOCA

Sérgio Trindade

Sumário Summary

Considerações sobre a produção de álcool a partir da mandioca, que apresenta a vantagem de produzir as matérias-primas básicas desejáveis bem diferenciadas nas partes subterrâneas e aérea.

Avaliação dos investimentos necessários à obtenção do produto final e respectivas estruturas de custos, com base em modelos alternativos que permitem estudar as variações introduzidas no processo, tanto no campo como na usina.

Cotejo do balanço energético entre a mandioca e cana-de-açúcar para a obtenção do produto final, dentro de uma abordagem integral e de uma conceituação de agro-indústria, envolvendo a parte agrícola e a industrial.

Conclusão de que, dentro da atual política energética implementada pelo governo, está reservado papel importante para uma matéria-prima como a mandioca. Porém, para atingir esse objetivo é vital maior incentivo à pesquisa aplicada e melhor capacidade gerencial na grande prática.

Manioc as Raw Material on the Production of Carburetant Alcohol

Considerations on alcohol production from manioc, which presents the advantage of producing the desirable basic raw materials Well differentiated on underground and aerial parts.

Estimation of necessary investments to obtainment of final product, and concerned cost structures, based on alternative standards that permit the study of alterations introduced in the process, both on the field and in the plant.

Confrontation of energy budget between manioc and sugar-cane to obtainment of final product, within an integral approach and agroindustry conception, involving both gricultural and industrial parts.

Conclusion that, within the present energy policy implemented by the Government, there is an important role for a raw material such as manioc, requiring however an incentive to applied research and a larger management capacity on major practice.



Sérgio Trindade é diretor do Centro Tecnológico Promon desde 1975, tendo sido o seu fundador. Anteriormente foi vice-presidente da Arthur D. Little International, até 1975; participou como engenheiro da transferência de tecnologia do sorbitol para o Brasil, da GETEC; é PhD em engenharia química, pelo MIT, desde 1973.

PRODUÇÃO DE CARBURANTE DERIVADO DA MANDIOCA

SÉRGIO TRINDADE

O tema que me foi conferido é "O Emprego da Mandioca como Matéria-Prima para a Produção de Alcool Carburante" e, conforme foi dito inicialmente, estou engajado no Centro de Tecnologia Promon, que é uma associação civil, sem fins lucrativos, dedicada à pesquisa e desenvolvimento de processos e produtos em diversas áreas. E, nessas diversas áreas, dos nossos trabalhos, tivemos oportunidade de, sob diversos ângulos e facetas, estudar o problema do álcool de mandioca e com o resultado de trabalhos próprios e trabalhos para terceiros, acumulamos certos conhecimentos sobre o assunto, parte dos quais gostaríamos de compartilhar com esta audiência.

Nosso trabalho mais recente nesta área está consubstanciado num estudo multicliente, que foi ofertado ao mercado nacional e internacional. Para aqueles que têm pouca familiaridade com a palavra multicliente diria que se trata de estudo subscrito por diversos clientes, que desta forma compartilham do custo do mesmo e também da informação nele contida.

Este multicliente consta de uma apresentação oral, de um relatório substancial e também de um apoio ao subscritor por um tempo limitado nos diversos aspectos técnicos e econômicos do álcool de mandioca.

A necessidade de haver um estudo multicliente sobre a mandioca me parece ligado ao desconhecimento relativamente generalizado do potencial desta matéria, para conversão em álcool na escala que se pretende realizar.

O que já se fez, no Brasil, para fins carburantes, foi em escala pequena, 5 000 litros/dia, no interior de Minas Gerais. Mas, na escala que se pretende implantar álcool, em geral, no Brasil e álcool de mandioca, em particular, não há experiência em lugar algum. Por isso há necessidade de informação e os nossos estudos foram incentivados por essa necessidade.

Resolvemos definir, para fins de análise, uma destilaria de referência, típica, empregando concepções conservadoras, entretanto lastreadas na experiência, pouca mas existente, e também em julgamento técnico. Essa destilaria típica é caracterizada por um balanço material, um balanço energético, a partir de um processo previamente escolhido, conforme indicado na figura 1.

Isso leva à avaliação do investimento, à estimativa dos custos e à estimativa do cronograma de implantação, permitindo calcular a rentabilidade do empreendimento. E estaria de acordo com nossa tradição brasileira, completar o estudo e, terminado, entregar a

alguém, para enfiar num armário, isto é arquivá-lo. Mas neste caso resolvemos verificar quais as alternativas, que haveria, a essa concepção de base, e então foram feitas 15 variações, que consideraram 4 tipos principais de problema. Estas foram variações no sistema energético empregado para a produção de álcool da mandioca; variações relativas à melhoria de processo, pois nossa concep-

ção foi propositalmente conservadora; variações relacionadas com a produção de outro produto, que não o álcool de mandioca, e também variações relacionadas com o aproveitamento de subprodutos. Estas variações se relacionam com a preocupação com os recursos que o país destinou, através do PNA, para uma expansão considerável da nossa capacidade. Essa expansão será fundamental-

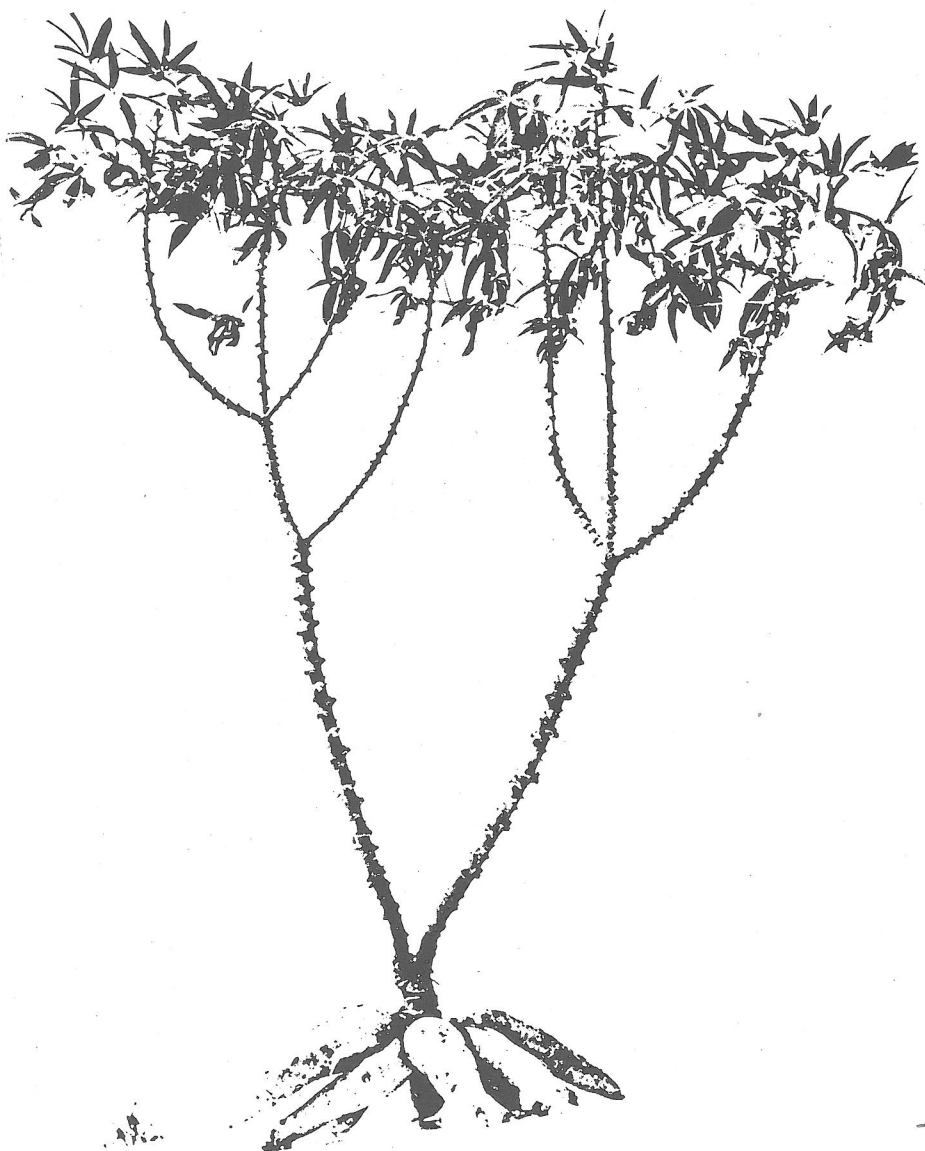
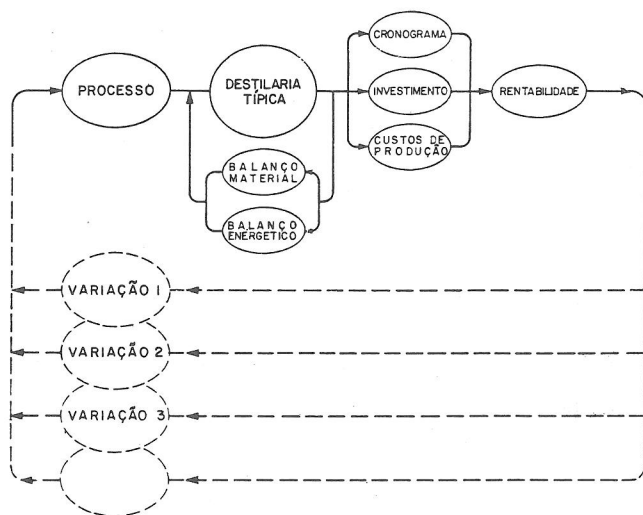


FIGURA 1-
METODOLOGIA UTILIZADA NO ESTUDO



mente baseada na cana de açúcar, mas terá como coadjuvantes outras matérias primas. Haverá o investimento e o importante é que se tenham visões alternativas quanto ao futuro, se o mercado principal, que é o do álcool carburante, por qualquer razão for afetado por fatores, que o transformem em mercado secundário.

Tratou-se de estabelecer cenários, com relação a essas alternativas. Talvez seja interessante dizer que esse estudo, além de subscrito por instituições brasileiras, foi também adquirido no exterior. Parece muito importante considerar o álcool de mandioca com isenção. Como o Centro Promon não tem nenhum interesse na mandioca, não colhe, não planta, não fabrica nada, temos isenção para olhar para a mandioca como uma planta integral.

Além disto, é importante descobrir que a mandioca não é constituída apenas dos tubérculos, que são a parte da planta que armazena o amido, mas é composta de outras partes, o caule, também chamado rama, que tem folhas, como qualquer outra planta (foto).

A mandioca é uma planta altamente anti-entrópica, no sentido de que os produtos úteis que dela se pode obter estão bem separados; armazena nas suas raízes o amido, nos faz esse favor, e armazena celulose no seu caule, e proteína nas folhas.

O amido pode ser transformado em açúcares, eventualmente convertidos em álcool; o caule contém celulose, que pode ser aproveitada. Não estou propondo que o caule da mandioca equivale ao bagaço da cana. No que se refere às folhas, podem ser transformadas em alimento, pelas proteínas que contém.

Outro fato importante é que a mandioca é conhecida de todos nós e, quando os portugueses aqui aportaram, já a encontraram, como planta nativa. Apesar de ser uma cultura muito antiga, ela é pouco conhecida e nunca foi uma cultura comercial, salvo em poucas regiões. Isso significa que há uma

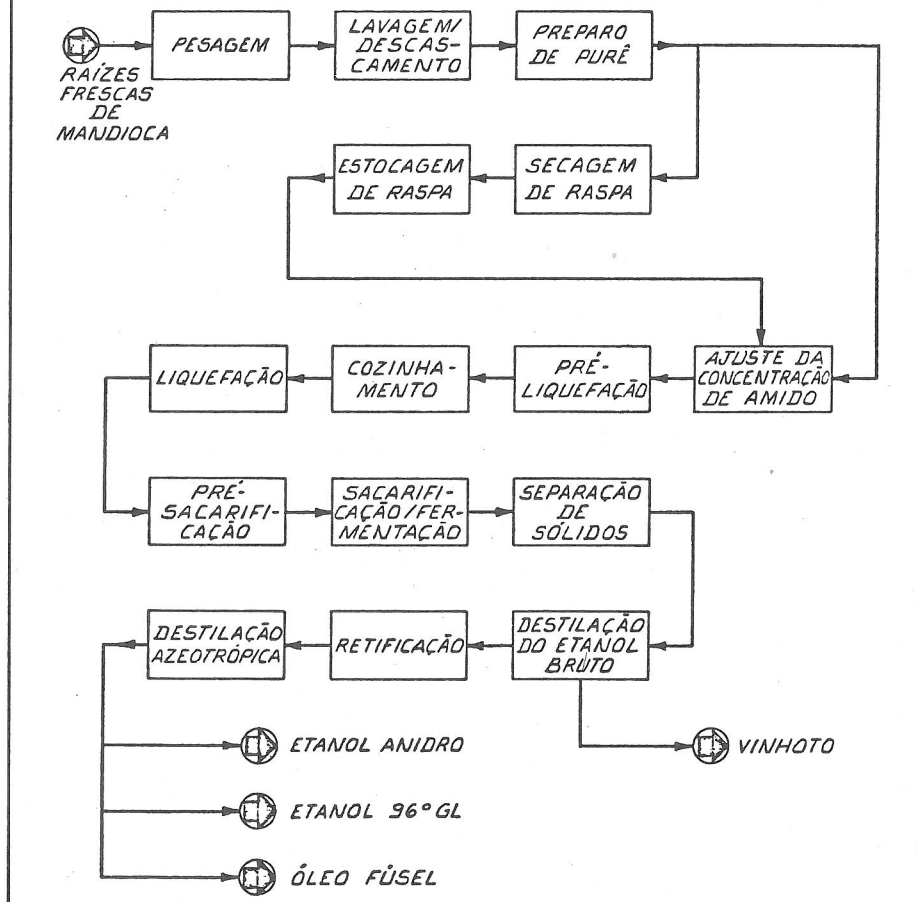
necessidade mais aguda do que no caso da cana, que é cultura mais conhecida, de pesquisa agrícola, aplicada. Do ponto-de-vista genético, o que se quer é olhar para a arquitetura da planta e verificar se para essa nova utilização, que se contempla, é possível desenvolver espécies que tenham uma relação caule/raiz mais favorável para a produção de álcool.

Quando o consumo principal é a raiz para fins alimentícios não se presta muita atenção à arquitetura da planta. Na medida em que se usa essa planta para produção de álcool é razoável que se procure alterar a arquitetura da planta estabelecendo-se relações adequadas.

Na próxima figura mostra-se um fluxograma típico de processamento de mandioca para produção de álcool. Esse fluxograma tem como entrada as raízes frescas de mandioca e como saídas o álcool anidro, o hidratado, o óleo fusel e também o vinhoto. Na verdade, o vinhoto é a maior saída em termos de vazão.

Nesse processo as raízes devem ser lavadas, pesadas e descascadas e um purê deve ser preparado; eventualmente, numa linha em paralelo deve-se preparar, raspas secas para o caso de falta de suprimento de raízes frescas. Mas, em condições normais, o purê é pré-liquefeito, cozinhado, pré-sacarificado, sacarificado e fermentado e, finalmente, resulta, dessa fermentação, o álcool. Após a fermentação faz-se a destilação, e o processo é o mesmo da cana.

FIGURA 2
FLUXOGRAMA DE PROCESSO SIMPLIFICADO PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL DE MANDIOCA



A partir da etapa de fermentação, os processos para cana e mandioca são idênticos. A etapa de preparação para fermentação é que distingue a mandioca da cana. Enquanto a cana tem as moendas, etc., para preparação do caldo, a mandioca passa por outro circuito onde se converte o amido em açúcares fermentescíveis que são metabolizados pelas leveduras e convertidos em álcool.

Um aspecto importante na análise do álcool de mandioca é a análise energética do processo.

Afirma-se, às vezes, que o álcool de mandioca consome mais energia do que produz. É necessário entretanto qualificar informações a respeito da mandioca, porque, em relação à cana, a mandioca apresenta oportunidades e possibilidades mais amplas.

É portanto, importante efetuar a análise energética da produção de álcool de mandioca, para verificar se realmente é verdadeira a afirmação de que o seu processo produtivo consome mais energia do que produz ou se o contrário é verdadeiro.

Ambas as afirmações são, em princípio, dependendo da arte de cada um em projetar o sistema.

É importante, também, que a análise transcenda a planta industrial propriamente dita. Como o álcool de fermentação é tipicamente uma agroindústria, não há muito sentido restringir-se a análise à planta industrial. É mais relevante incluir no sistema tanto a parte agrícola e a parte industrial, pois o nosso objetivo é economizar combustível fóssil.

Na prática, isto significa definir um sistema para análise que contenha a destilaria e a plantação, e analisar as correntes que entram e saem desse sistema, e penalizar as correntes que entram pelo seu consumo de energia, valorizar as que saem pelo seu aporte de energia.

A energia do sol entra via fotossíntese na plantação de mandioca. A mão de obra consome calorías. A energia elétrica, em alguns casos, pode vir de fora ou de dentro do sistema. Os produtos que contêm energia são o álcool anidro, o álcool hidratado, o óleo fusel. Conforme o caso a lenha, pode ser exterior ao sistema ou não. O dióxido de carbono nem sempre pode ser aproveitado. O combustível para transporte é penalizado por isto, pois se os caminhões forem Diesel, eles estarão exaurindo combustível fóssil. Os fertilizantes são consumidores de combustível fóssil através de amônia e também através da energia envolvida nos processos de fabricação. Os inseticidas são produtos químicos baseados em produtos de petróleo e consomem energia no seu processo.

Então, no interior do sistema, temos a plantação de mandioca. Existe uma troca de energia entre a destilaria e a plantação. As raízes são transportadas para a destilaria e o vinhoto para fertilização retorna.

Então, essa é uma análise mais adequada do que a que considera simplesmente uma unidade industrial isolada.

Se aumentarmos a produção agrícola para fazer álcool às expensas de um aumento colossal de fertilizantes, estaremos ganhando de um lado e perdendo de outro.

Podemos estender esse modelo, que está restrito a um sistema constituído por uma única unidade, ao País inteiro, fazendo daqueles limites, os limites políticos do País.

No quadro II mostramos resultados incluindo o álcool de cana direta e várias concepções para o álcool de mandioca. Temos, então, a comparação NER — Net Energy Ra-

tio (razão líquida de energia) — que é a relação entre a energia que sai e a energia que entra no sistema considerado.

Então, na base de 1 m³ de álcool anidro, apresentamos uma série de cenários para a mandioca e estimamos um para a cana direta, que é aquela obtida diretamente por fermentação do caldo da cana. Essa cana direta é excelente do ponto de vista de razão líquida de energia, pois ela produz 5,6 e consome apenas 0,7.

O álcool de mandioca é uma atividade desconhecida, por isso fizemos vários cenários para verificar qual o mais adequado.

No caso mais favorável, a energia elétrica é gerada totalmente dentro da unidade industrial e usa lenha como combustível e a floresta faz parte do sistema.

Na prática, o caso da mandioca é provavelmente pouco superior ao caso da cana direta. Se houver consumo de óleo combustível — o que não seria desejável, pois o objetivo é economizar combustível fóssil — o NER é de 1,2, inferior aos outros NER que aparecem na tabela. Temos casos intermediários em que usamos energia externa juntamente com insumos da mandioca, principalmente partes aéreas, como caule, folhas, etc.

Mas com a atual arquitetura da planta a energia suprida apenas pela mandioca não é suficiente para satisfazer à demanda. Por isto, temos que comprar energia externa.

O que eu quis mostrar, com esta análise, foi exatamente o que eu disse antes. Tudo que eu afirmei é verdadeiro, em princípio. Há possibilidade de se conceber muito bem e há possibilidade de se conceber muito mal, seja do ponto de vista energético, seja do ponto de vista econômico. Fizemos, também uma análise dos custos de produção. Preferimos analisar o custo, porque o preço é fixado pelo Instituto do Açúcar e do Alcool. Fizemos também uma comparação de custos, do álcool da mandioca, e da cana direta. A comparação é feita para mostrar que há opções para a produção de álcool carburante no País. As comparações são feitas sempre com este intuito de evidenciar que há lugar para mais de uma matéria-prima. Nas condições atuais, a mandioca é certamente, do ponto de vista econômico, e para o modelo que consideramos, uma opção menos favorável. Mas, isto não significa que ela seja sempre menos favoráveis. Porque há uma série de oportunidades e possibilidades de melhoria, e também de outros incentivos. Lem-

FIGURA 3-2
SISTEMA INTEGRADO PLANTACÃO DE MANDIOCA/DESTILARIA:
LINHAS DE CONTORNO E FLUXOS ENERGÉTICOS

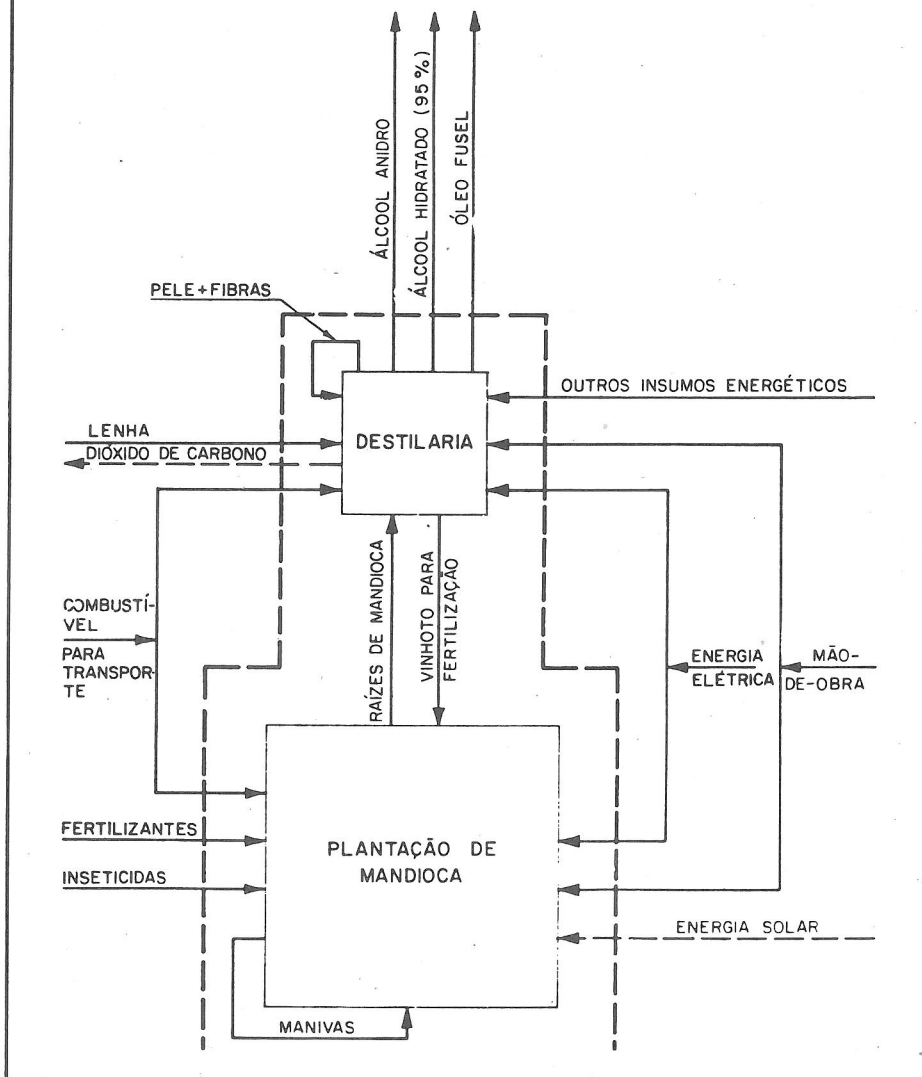


TABELA VI

CUSTOS DE PRODUÇÃO DE ALCÓOL DE MANDIOCA E ALCÓOL DIRETO DE CANA

Base: 1 m³ de Alcool Anidro

DESCRIMINAÇÃO	MANDIOCA	CANA-DE-AÇÚCAR
INVESTIMENTO DE CAPITAL (em 10 ⁶ Cr\$)	219	190
COMPOSIÇÃO DO CUSTO	(Cr\$/m ³) (%)	(Cr\$/m ³) (%)
MATÉRIA-PRIMA		
Mandioca a Cr\$ 380/t	2 600 47	
Cana a Cr\$ 142/t		2 130 46
OUTROS CUSTOS OPERACIONAIS	580 10	4 -
Mão-de-Obra, Prod.Químicas, Utilidades e Crédito de Subprodutos		
OUTRAS DESPESAS	2 390 43	2 516 54
Impostos, Manutenção, Seguro, Desp.Administrativas, Depreciação, Remuneração		
CUSTO TOTAL PVD (Cr\$/m ³)	5 570 100	4 650 100

brems-nos de que o incentivo da economia de combustível fóssil não é o único. Existe também o incentivo de ocupação de terras ociosas; o incentivo de natureza social e política, com o intuito de melhor distribuição de renda; o incentivo de fixação de mão-de-obra no campo.

Então, consideradas as qualificações feitas, eu gostaria de mostrar os números que indicam que o álcool de mandioca, segundo a concepção que usamos — que é a conservadora — é geralmente inferior, em termos de custo. Nós temos, para um metro cúbico de álcool anidro, o investimento, de capital, para a mandioca, da ordem de 200 milhões de cruzeiros, e 190 para a cana direta. A matéria-prima, no caso da mandioca, corresponde, para cada metro cúbico, a 2600 cruzeiros. A cana corresponde a 2130. Os percentuais de incidência são praticamente os mesmos entre os dois: de 46 e 47%. Outros custos operacionais envolvem mão-de-obra, produtos químicos, subprodutos, são substancialmente maiores na mandioca do que na cana-de-açúcar. Isto se deve ao fato de que o crédito de subprodutos, na cana direta, é quase suficiente para absorver tudo. Ao passo que, na mandioca, isto não corre. As outras despesas são mais ou menos equivalentes, que correspondem a impostos, manutenção, despesa administrativa, remuneração, etc. Estes preços são estimados a partir do fluxo de caixa descontado num período de 15 anos, com um retorno interno de 12%. Para a mandioca, trata-se de uma destilaria típica, que tem rendimento industrial baixo, que tem uma produtividade de mandioca igual à que o IBGE publica e que não tem geração própria de eletricidade.

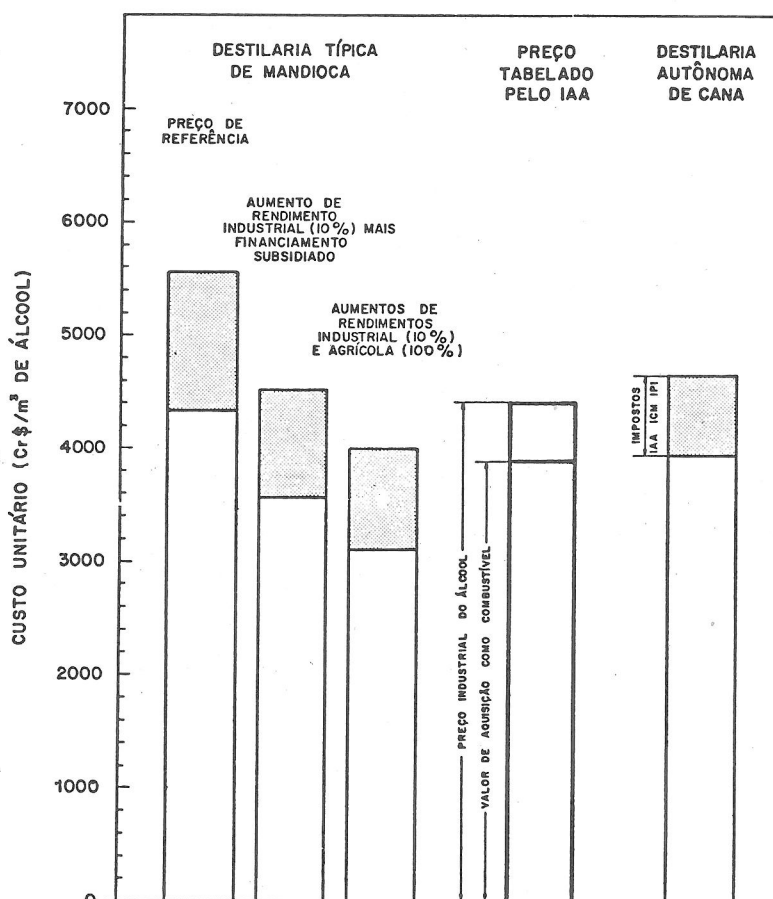
Para a mandioca, fizemos uma análise para verificar o efeito da produtividade agrícola e industrial sobre a estrutura de custos indicada. No caso da mandioca, é provável que o aumento de produtividade seja muito maior do que a que se pode esperar da cana. Por quê? Porque no caso da cana fizemos muitos esforços no passado por se tratar de cultura comercial há longo tempo. No caso da mandioca, é possível que maiores níveis de pro-

duatividade sejam alcançados em tempo relativamente curto. A composição dos custos indica que a incidência da matéria prima sobre o custo final do álcool é grande; daí o grande impacto da maior produtividade agrícola no custo do álcool de mandioca.

No quadro 5, as barras do lado esquerdo representam a situação da mandioca, no caso conservador. Na barra intermediária, está o efeito do aumento da produtividade agrícola, combinado com a produtividade industrial.

Provavelmente, já esgotei o meu tempo, mas vou concluir rapidamente. A conclusão que me ocorre é a de que há lugar para mais uma matéria-prima. Outra conclusão, também, é a de que há necessidade de pesquisa aplicada, especialmente na parte agrícola, mas também na parte industrial. Em terceiro lugar, há também uma necessidade muito grande de capacidade gerencial. Não podemos implantar o programa como foi concebido, no tempo imaginado, sem capacidade gerencial adequada à dimensão do mesmo. De modo que este lado também tem que ser olhado. Há uma necessidade de apoio permanente do Governo. Afinal de contas, o Governo

FIGURA 5-8
DESTILARIAS AUTÔNOMAS DE MANDIOCA E CANA - 150m³/d
COMPARAÇÃO ENTRE OS PREÇOS FORMADOS
E O PREÇO DE MERCADO



NOTA:

Todos os Valores Referentes ao Primeiro Trimestre, 1977.

lançou o programa e deve apoiá-lo até as últimas consequências. Existe um ponto que não mencionei: falamos sobre etanol, mas em princípio se poderia ter não apenas um PNA — Programa Nacional do Alcool, mas talvez um programa nacional do etanol e metanol. O metanol é um dos produtos que se pode obter dos recursos florestais. Mas, também pode ser obtido junto à destilaria. Não fiz

as contas, ainda, mas, pelo menos em princípio, é possível a produção em grande escala do metanol, associada à produção do etanol.

O CO₂ é produzido praticamente na mesma taxa que o álcool. O mercado do CO₂ é peculiar e limitado. Com a disseminação das destilarias, é muito difícil encontrar outros

usos. O CO₂ é uma fonte de carbono disponível para quem tiver imaginação. Por exemplo, foi citado, na conferência anterior, que pode sobrar a energia elétrica na destilaria. Esta energia elétrica poderia ser usada para hidrolisar a água e gerar hidrogênio e oxigênio. São os elementos que faltam para se juntar ao CO₂ e obtermos metanol, na destilaria de etanol de fermentação.

DEBATES

ANDRÉ TOSELLO — Antes de darmos a palavra a todos os participantes, eu gostaria de colocar um problema para o conferencista.

Como disse o conferencista, a mandioca é muito pouco estudada, muito menos do que a cana, da qual existe no Brasil uma tecnologia que até podemos dizer, brasileira. Nós concordamos que a mandioca é uma planta pouco estudada, para a produção de álcool, porque sempre foi considerada como alimento. E como sou da área de alimentos, até me dá um pouco de tristeza verificar que o governo só lembrou de incentivar estudos e produção de mandioca, como sendo um elemento formador ou como uma fonte de combustível, e não como uma fonte de alimentos.

Mas, nós concordamos em parte com o conferencista, quando diz que a mandioca foi pouco estudada em relação à cana, como fonte de combustível; como alimento ela é relativamente bem estudada.

No Instituto Agrônomo de Campinas, do qual fiz parte durante longo tempo, pesquisou-se inúmeras variedades de mandioca. Já se sabe a sua composição, o teor de amido, como este varia em função da safra; as curvas de teores de amido, que no caso é importante para combustível, qual é o ponto em que se deve colher a mandioca com teor de amido mais elevado. O que se desconhece é a parte industrial da mandioca, a sua transformação em álcool. Porque desde que se pretende produzir álcool a partir da mandioca, então o ponto principal é o balanço energético, é verificar quanto se obtém de combustível. Então, é a diferença que interessa agora; antes isso não interessava porque estavam produzindo a mandioca para alimento e extrorção de álcool para licores, calorias humanas, não calorias industriais; então, o custo e o balanço energético não tinham importância nenhuma. Agora têm, e é fundamental. Qual seria a opinião do conferencista na atitude do governo de, em vez de incentivar a produção do álcool de mandioca, incentivar primeiro os estudos sobre o álcool de mandioca para, então, promover uma campanha para a produção de álcool a partir da mandioca, ou não?

SÉRGIO TRINDADE — Primeiro devo dizer que, obviamente, a minha afirmação se referiu à utilização industrial. Mencionei, mesmo, que o aspecto da arquitetura da planta era muito importante para esta nova aplicação. Mas, certamente, onde a mandioca consegue encontrar condições para o seu crescimento, a sua pesquisa, como alimento, já existe há muito tempo. Curiosamente, uma das instituições que mais prestígio esse tipo de atividade se situa num país muito frio, o Canadá, que apoia pesquisas nesse sentido na Colômbia, na Tailândia e em outros países

produtores, com o objetivo específico de obtenção de alimentos para uso humano, inclusive procurando balancear, enriquecer o teor protéico dos produtos comestíveis resultantes, de modo que minha menção se referiu ao aspecto da aplicação industrial.

A segunda parte da pergunta se refere ao que eu penso acerca do fato de se estar estimulando a produção de álcool de mandioca sem saber bem o que ele é ou quais são as suas características de eficiência.

Obviamente, não posso falar pelo governo. Diria apenas que tem havido, está publicado nos jornais pelo menos, que existe uma iniciativa em andamento, na cidade de Curvelo, em Minas Gerais, que é a instalação de uma destilaria de 60 m³ por dia, que está sendo construída pela Petrobrás, e que teria como objetivo a demonstração da viabilidade técnica da produção de álcool da mandioca. Sob esse ponto-de-vista o assunto está encaminhado no sentido de se obter uma demonstração prática, de nível industrial da produção do álcool de mandioca, e penso que este é o melhor estímulo que se pode dar ao álcool de mandioca. Há apenas 5, se não me falha a memória, projetos aprovados de álcool de mandioca; parece que esta usina de demonstração da Petrobrás terá o efeito a que se propõe, isto é, o efeito de demonstração. Tanto é assim que, ao que eu saiba, não há iniciativas de investimento relacionadas com esses 5 projetos aprovados, e nem de outros, isto é, os empresários que teriam interesse em investir nessa área, alguns dos quais já tendo até obtido o seu enquadramento no Programa Nacional do Alcool, talvez estejam aguardando o início da operação dessa usina para terminarem o seu processo de decisão sobre o assunto. Esta é a impressão que me fica das informações disponíveis.

Sei também que o Instituto Nacional de Tecnologia desenvolveu estudos na linha de álcool de mandioca, ao nível de laboratório e ao nível de destilaria de 30 m³ por dia, e está colaborando com a Petrobrás nesta planta de demonstração. Esses são fatos que indicam, de certa forma, uma providência governamental de esclarecer, de forma definitiva e demonstrativa, a tecnologia de produção de álcool de mandioca. Do lado do empresário investidor, parece que há a natural hesitação de completar o processo decisório de investimentos numa área em que existe apenas uma usina de demonstração, ainda em construção.

Pelo que leio nos jornais, a data de início de operação e testes dessa unidade de demonstração, está prevista para o final deste ano.

ANDRÉ TOSELLO — Apenas gostaria de

chamar a atenção para o fato de que uma unidade produtora de 60.000 litros por dia, não é experimental.

SÉRGIO TRINDADE — Creio ter esclarecido tratar-se de uma unidade de demonstração e, portanto, de nível industrial. Jamais foi experimental.

Quanto à minha opinião sobre o que o governo está fazendo se é bom ou ruim, penso que sempre se pode fazer melhor, mas é extremamente difícil se fazer alguma coisa em nosso país.

ALBERTO P. DE CASTRO — Há aqui uma pergunta do Sr. Ismar Ramos, Eng.º Agrônomo, especialista em reflorestamento, que é a seguinte: foi mencionado pelo orador um exemplo de produção de 5.000 litros de álcool em Minas Gerais. Neste volume, já havia dados tecnológicos e econômicos favoráveis para utilizar um processo em maior escala; o orador mencionou que a mandioca foi pouco estudada, talvez sob o ponto-de-vista de produção de álcool sim, mas como produtora de alimentos e subprodutos para o homem e animais, ela foi muito trabalhada, com grande brilho, pelo eminente eng.º agrônomo paulista Edgard Santanna Nomagna, do Instituto Agrônomo de Campinas. O orador não acha que a rama da mandioca é quase que desprezível como volume para combustível. Qual a necessidade de lenha de eucalipto produzido em um hectare, para destilar a mandioca produzida também em um hectare?

SÉRGIO TRINDADE — Eu penso que já esclareci acerca do uso da mandioca como alimento e do estudo e a pesquisa, que foram realizados no nosso e em outros países.

A unidade de 5.000 litros por dia, que funcionou em Divinópolis, Minas Gerais, usava como veículo de conversão enzimática de amido em açúcar, um farelo enzimático produzido, se não me engano, a partir de milho, e uma proporção de massa muito elevada em relação à massa de raízes, alcançando talvez 10 a 20%.

Unidades do tamanho que se cogita hoje, consomem de 500 a 1.000 toneladas de mandioca por dia, e o manuseio de farelo enzimático nessas condições se torna um problema extremamente complicado, inclusive pela própria atividade enzimática, que é prejudicada.

Com relação ao aspecto relacionado com madeira vinculada à produção de álcool, acho que a necessidade, para uma usina de 150 m³ por dia, que é o limiar de usina rentável de mandioca, uma área plantada de mandioca, incluindo uma variedade de áreas, isto é, espaço para a rotação de culturas e colheitas contínuas ao longo do ano, etc., alcança

cerca de 50.000 hectares e a área de flores-tas alcança talvez 20% disto. Esse é o número de referência que me ocorre.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta do Sr. Harry Forrert: Na fermentação, qual a influência das enzimas no consumo de aditivos?

SÉRGIO TRINDADE — Não sei bem que aditivos são esses, seria necessário especificar. Creio, porém, que a quantidade presente é em grande parte eliminada no processo de desfachamento do purê, e o restante não me parece que tenha grande influência em consumo adicional de aditivos.

ALBERTO P. DE CASTRO — Ainda relacionado com este tema, há uma pergunta do Sr. Luís Carlos Ritche, que é a seguinte: a mandioca utilizada para a obtenção do álcool é a comumente usada como alimento ou é um tipo tóxico?

Acho que esta pergunta seria melhor respondida pelo colega André Tosello, visto ser ele um especialista neste setor.

ANDRÉ TOSELLO — Praticamente não existe mandioca, digamos, venenosa, porque o ácido cianídrico se evapora. Depois de colhida e passado um certo tempo, a mandioca perde todo o ácido cianídrico; e, mesmo que tivesse, não teria importância nenhuma para a produção de álcool. Tanto para a indústria como para alimento, ambas servem para a produção de álcool.

ALBERTO P. DE CASTRO — Perguntai do Sr. Gildo Calábria de Azevedo, da Embrapa: gostaria que o Dr. Sérgio indicasse os números obtidos nas pesquisas:

- a) — Produção média tonelada/hectare.
- b) — Rendimento industrial do álcool obtido.
- c) — Custo da produção.
- d) — A Promon está, paralelamente, realizando estudos para aproveitamento da parte aérea da planta?

SÉRGIO TRINDADE — A produção média por tonelada/hectare. Nesse estudo conservador, não posso falar muito, porque ele está oferecido ao mercado, há compradores. A produção média por tonelada/hectare adotada foi a que se publica pelo IBGE, como indiquei anteriormente. Ela é da ordem de 18 toneladas/hectare/ano, se não me engano. O ciclo da mandioca pode exceder um ano e é preciso calcular bem. Ao que me recordo, é 18 toneladas por hectare/ano.

Rendimento industrial do álcool obtido — fizemos uma estimativa muito conservadora. O número que usamos, que é o número conservador, é 150 litros/tonelada. E pode ser aumentado. Mas o que usamos foi 150, nessa análise.

O custo da produção — penso que seja o custo da produção da mandioca — eu não tenho de memória, mas talvez possa fornecer posteriormente. O Centro de Engenharia Promon está, paralelamente realizando estudos para o aproveitamento da parte aérea da planta. A resposta é sim.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta do Sr. Eduardo Probse, da Decalite:

Existe estudo sobre a similaridade do amido da mandioca com o amido obtido do mesocarpo do baba-

çu? Quais as semelhanças ou diferenças do processo industrial? Se há, como obtê-lo, e qual o custo?

SÉRGIO TRINDADE — O que poderia comentar, sobre essa pergunta, é que existem estudos sobre o babaçu e existem estudos sobre a mandioca. A similaridade está na engenhosidade de cada um. Alguns resultados foram publicados na Revista do INT.

Obviamente, a composição química do amido é de transcendental importância para a sua aplicação industrial, porque o consumo de enzimas está relacionado com a quantidade desse tipo de amido, que possa estar presente, e as quantidades, em que isso ocorra.

Custo de produção — o Instituto Nacional de Tecnologia publicou, na sua revista, num dos últimos números, um artigo especificamente sobre este assunto, com alguns números. Os números, lamentavelmente, nunca são publicados, no nosso país, mas ali tem alguns números, que talvez possam esclarecer à pessoa que perguntou.

Processo industrial — o babaçu é ótimo. Então, da mesma forma que se sugere uma integração, para aproveitar as características de cada planta, no caso da mandioca eu discuti o assunto, a arquitetura da planta; no caso do babaçu, ele tem sido, tradicionalmente, um supridor de óleo, que é encontrado nas suas amêndoas.

O que se deveria, em termos de babaçu, e aí expresse a minha opinião, era fazer um aproveitamento integrado, porque já existe um aproveitamento tradicional em nosso país, que é empregador de mão-de-obra, e é feito de forma artesanal. Já existe, portanto, uma tradição, um momento, que pode ser utilizado para integrar isso com outros aproveitamentos do babaçu. Mas tudo isso depende do custo. Podemos ter as melhores idéias do mundo, realizarmos as maiores façanhas, mas o custo não ser compensador.

No caso específico, tentamos interessar empresas que têm já uma tradição de suprimento de equipamentos para o aproveitamento do babaçu, no sentido de fazer um projeto ligado, fazer uma demonstração piloto integrada, mas não houve receptividade.

ALBERTO P. DE CASTRO — O Sr. Juarez Rebelo, das Ind. Matarazzo, pergunta:

O que o conferencista quer dizer com a arquitetura da planta de mandioca e qual a relação dessa arquitetura com a produção de álcool?

SÉRGIO TRINDADE — Eu usei a fotografia, para ilustrar a concepção, referindo-me, não necessariamente à beleza da planta, como ela aparece, mas à relação entre as suas diversas partes componentes, em termos de raiz, caule, folhas, e as composições dos materiais presentes nessas diversas partes. E referi que se trata de uma planta anti-entrópica, no sentido de que ela separa os seus componentes concentrando amido na raiz, celulose no caule, proteína nas folhas. Se o objetivo for produção de álcool, a arquitetura da planta deve fazer com que a parte de rama seja suficiente para alimentar o processo de combustível, por exemplo, porque a arquitetura atual não permite isto. A relação caule/raiz, hoje, não é suficiente para isso, mas se se desenvolver uma espécie, se se modificar a arquitetura da planta, fazê-la com o caule mais comprido, com as raízes mais verticais — se elas forem espalhadas horizontal-

mente, o processo de mecanização é mais difícil; se elas forem verticais será mais fácil. A arquitetura tem a ver com a disposição, quantidade e composição.

ALBERTO P. DE CASTRO — No mesmo sentido, pergunta do Sr. Geraldo Siltz, da Reflorestadora Sacramento.

Perguntamos ao conferencista se levou em consideração que o aumento do volume da rama exigirá parte das reservas acumulada pela planta, diminuindo o peso das raízes.

SÉRGIO TRINDADE — Eu não saberia responder. Penso que se houver interesse e engenhosidade, é possível pesquisar e se obter exatamente o oposto.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta do Sr. Jorge Morais, da Universidade Federal de Minas Gerais:

De acordo com o Dr. Marcel Chenu, a usina de produção de álcool com cana pode produzir eletricidade — que a usina de produção com mandioca necessita. Que tal associar as duas culturas e a industrialização?

SÉRGIO TRINDADE — Um comentário, antes de responder.

Lembre-se que fui bastante cuidadoso em qualificar a concepção, que eu estava discutindo. Não se tomem como definitivos os números que aqui aparecem. Isso vale para uma definição do que chamei de destilaria típica, e ainda mostrei que havia um caso, em que gerava-se toda a energia elétrica internamente. Portanto, era auto-suficiente em energia elétrica.

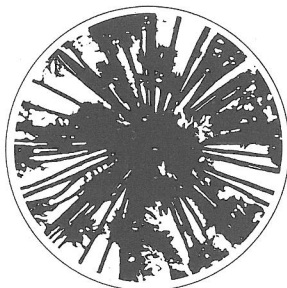
Quanto a pergunta de associação de duas matérias-primas, acho isso formidável quando os solo, o valor da terra da região permitem isso. É formidável, porque a cana tem um período de entressafra, que poderia ser ocupado pela mandioca e diminuir os custos fixos; mas nem sempre será fácil encontrar condições para essa compatibilização das duas culturas, porque o valor da terra é muito importante nessas decisões.

ALBERTO P. DE CASTRO — Por fim, uma intervenção do Prof. Paulo Alvim, da Ceplac.

O programa da fabricação de álcool à base de mandioca tem sido defendido enfaticamente pela Secretaria da Ciência e Tecnologia do MIC, que certamente conta com o assessoramento de alguns institutos de pesquisas tecnológicas do país. Não posso admitir que o MIC tivesse lançado o programa sem nenhum embasamento técnico. Gostaria de saber se não se encontra no auditório algum técnico dos institutos que assessoram o MIC, para prestar os devidos esclarecimentos.

SÉRGIO TRINDADE — Só um comentário. Primeiro, trata-se da Secretaria de Tecnologia Industrial, não Secretaria de Ciência e Tecnologia do MIC. Segundo, a Secretaria de Tecnologia Industrial se baseou nos trabalhos do Instituto Nacional de Tecnologia, que eu mencionei aqui. Existe um lastro técnico para o projeto de álcool de mandioca, que está sendo implantado na usina da Petrobrás, por exemplo.

Seminário



FLORESTA **potencial energético brasileiro**

PAINEL II

Sessão realizada às 21h00 do dia
9/8/77, no Auditório E do Palácio
das Convenções do Parque
Anhembi — SP.

ENERGIA DERIVADA DO AGUAPÉ

MESA DIRETORA

PRESIDENTE

— **MANOEL SOBRAL**
Unicamp

MODERADOR

— **ALBERTO P. DE CASTRO**
IPT/USP

CONFERENCISTA

— **ALDO VIEIRA DA ROSA**
Unicamp

DEBATEDOR:

— **ANTONIO CARVALHO SALES**
LUIS
Unicamp

ENERGIA DERIVADA DO AGUAPÉ

Aldo Vieira da Rosa

Sumário Summary

Características vegetativas do aguapé e comparação entre a eficiência fotossintética dessa planta aquática e da cana-de-açúcar, estimada em praticamente o dobro, em bases conservadoras.

Análise do sistema aguapé/metano, que apresenta maior vantagem sobre a cana-de-açúcar, na sua capacidade de transformação de energia em combustível útil.

Possibilidades atuais e futuras do emprego do aguapé, ainda condicionadas ao desenvolvimento de novas tecnologias, tanto no cultivo e aproveitamento da planta como no de motores de veículos e máquinas térmicas estacionárias, porém dentro do binômio aguapé/cana-de-açúcar.

Inconvenientes atuais para a adoção de um programa energético baseado no aguapé, como falta de experiência e tradição na matéria, processo de fermentação anaeróbica pouco conhecido, entre outros, mas que poderão ser superados através de pesquisa intensiva.

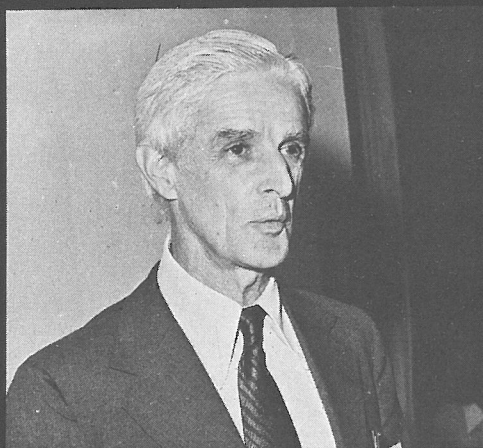
Energy Derived From Pond-Lily

Pond-lily vegetative characteristics and comparison of the photosynthetic efficiency of this aquatic plant With that of sugar-cane, which is estimated as being twice as high on a conservative basis.

Analysis of pond-lily/methane system that offers higher profit than sugar-cane on its capacity of transformation of energy into useful fuel.

Present and future possibilities on the use of pond-lily, still conditioned to the development of new technologies not only on the plant culture and utilization, but also on vehicle motors and stationary thermic machines, however within the pond-lily/sugar-cane binomial.

Present troubles on the adoption of an energy program based on pond-lily, such as lack of experience and translation of the subject, anaerobic fermentation process insufficiently known, among other things, but that can be overcome through intensive research.



Aldo Vieira da Rosa, Brigadeiro do Ar, formou-se pela Escola Militar em Realengo, tendo realizado cursos na Stanford University onde recebeu o título de Ph.D em 1965. É professor adjunto daquela universidade norte-americana e também da Universidade Estadual de Campinas.

Ocupou cargos de: diretor do Centro Técnico da Aeronáutica; diretor do Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento do CTA; Presidente do Conselho Nacional de Pesquisas; Presidente da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (INPE, atualmente).

É presidente da Companhia de Desenvolvimento Tecnológico (Codetec) e da Aldi Research Corp. Palo Alto, Califórnia.

Membro de várias instituições científicas nacionais e internacionais é também detentor de diversas medalhas incluindo a "Ordem do Mérito Militar".

ENERGIA DERIVADA DO AGUAPÉ

Aldo Vieira da Rosa

A biomassa recente — em contraste com a fossilizada — é, sob a forma de lenha e de carvão, provavelmente a mais antiga fonte de energia controlada pelo homem. O seu uso tem crescido, continuamente, mas, em termos relativos, os combustíveis fósseis assumiram agora um papel predominante. Esta é uma situação que está em vésperas de se inverter novamente, em vista do rápido aumento do preço do petróleo e semelhantes.

Embora o Brasil não tenha sido bem aquinhado com reservas de fósseis, foi bem dotado das condições para a produção da biomassa. Isso deixa entrever que, em futuro não muito remoto, quando o carvão, o petróleo e o gás natural forem escassos, o Brasil encontrar-se-á em condições vantajosas em relação a outros países, a não ser que a fusão nuclear venha a ser um sucesso comercial. Com efeito, temos a necessária super-

fície de terra, sol tropical, e a água para produzir biomassa em enormes quantidades e para dela tirarmos os combustíveis de que necessitaremos.

Estamos agora presenciando a inauguração de uma era em que, progressivamente, o Brasil se conscientiza da importância da biomassa. O presente seminário é um bom exemplo dessa tendência.

O programa brasileiro do álcool combustível não poderá deixar de ter sucesso. Pela primeira vez, estamos produzindo álcool a fim de economizarmos petróleo, e não para estabilizarmos a produção de cana. A situação vai-se tornar, progressivamente, mais favorável: o petróleo vai aumentar rapidamente de preço e a produção de álcool vai aumentar, rapidamente, de eficiência, à medida em que vamos aperfeiçoando o processo. Alcool, no entanto, não deverá ser o único pro-

grama de combustível a partir da biomassa, no Brasil.

Quando se compra um combustível qualquer, paga-se por duas coisas: a quantidade de energia nele contida e a sua utilidade. Por essa razão, estamos dispostos a pagar bem mais por um litro de gasolina do que pelo equivalente energético em lenha. A grande vantagem do álcool é a sua utilidade em veículos. Para instalações fixas, no entanto, os combustíveis gasosos têm mais utilidade: são ideais para uso doméstico, para o industrial e para a geração de eletricidade por máquinas térmicas. Para veículos, os mais úteis são os combustíveis líquidos, especialmente o etanol; para instalações fixas, os gasosos, especialmente o metano.

Num futuro mais remoto, aparecerão mais opções. Certamente, automóveis com motores a combustão interna serão substituídos pelos

TABELA 1

	EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA *	ENERGIA FIXADA		EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍ- VEL	COMBUSTÍVEL PRODUZIDO		EFICIÊNCIA TOTAL
		km ⁻² dia ⁻¹	GJ bbls		km ⁻² dia ⁻¹	GJ bbls	
CANA	1.6%	311	52	13%	41	6,8	0,21
AGUAPÉ (provável)	3.1%	600	100	51%	306	51,0	1,6%
AGUAPÉ (máximo)	5.6%	1080	180	70%	756	126,0	3,9%

* Baseado numa insolação média de 225 W m⁻²

O BINÔMIO AGUAPÉ/CANA

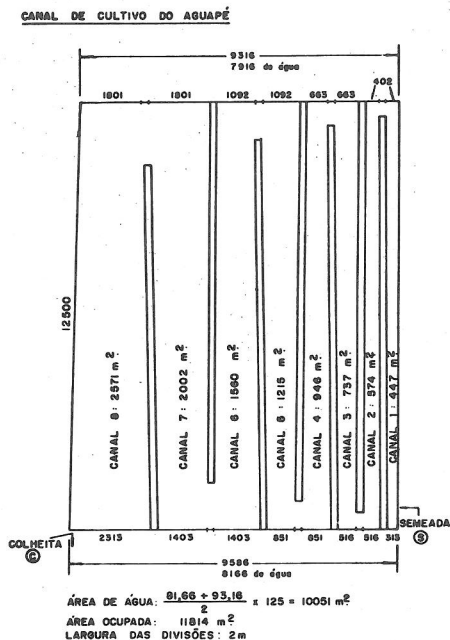
que usam células eletrossintéticas alimentadas, possivelmente, por metanol ou por hidrogênio estocado sob a forma de hidretos. É, também, possível mas não extremamente provável que o hidrogênio venha a deslocar o metano.

A cana, em plantações industriais de boa qualidade, dá uma eficiência fotossintética de uns 1,6%, isto é, 1,6% do total da energia solar que incide sobre a plantação é fixada sob a forma de energia química. As-

sim, na base de uma insolação média anual de 225 W m⁻², um quilômetro quadrado de canavial fixa 311 GJ (Giga Joule) por dia (o equivalente a 52 barris de petróleo por quilômetro quadrado por dia). Ver Tabela 1.

A energia assim fixada é recuperável, na sua totalidade, se a cana for colhida e seca e a matéria seca for queimada. Naturalmente os custos energéticos da colheita e da secagem têm que ser levados em conta. No entanto, o combustível assim preparado

tem baixa utilidade e se torna economicamente interessante transformar parte da cana em álcool embora o rendimento de tal transformação seja pequeno; uns 13%. A eficiência total na produção da cana é, portanto, apenas 13% de 1,6%, ou seja, cerca de 0,2%. Nessas condições, um quilômetro quadrado de canavial fornece 41 GJ por dia, o equivalente a 6,8 barris de petróleo por quilômetro quadrado por dia. Em termos mais usuais, isso corresponde a uma produtividade de 90



COMPARAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA CANA E DO AGUAPÉ

	EFICIÊNCIA FOTOSINTÉTICA *	ENERGIA FIXADA		EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL	COMBUSTÍVEL PRODUZIDO		EFICIÊNCIA TOTAL
		km ⁻² dia ⁻¹	GJ bbls		km ⁻² dia ⁻¹	GJ bbls	
CANA	1,6 %	311	52	13 %	41	6,8	0,21
AGUAPÉ (provável)	3,1 %	600	100	51 %	306	51,0	1,6 %
AGUAPÉ (máximo)	5,6 %	1080	180	70 %	756	126,0	3,9 %

* Baseado numa insolação média de 225 W m⁻²

TRÊS INSTALAÇÕES INTEGRADAS PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE BIOMASSA.

PROJETO	DESCRIÇÃO	EFICIÊNCIA INSOLAÇÃO/ COMBUSTÍVEL	EFICIÊNCIA COMBUSTÍVEL/ ELETRICIDADE	EFICIÊNCIA TOTAL	ÁREA PLANTADA *		
					50 kw	500 kw	2000 kw
CAÇÕES	Plantação de cana Destilaria de álcool Motor térmico	0,2 %	30 %	0,06 %	35	353	1410
SUPER-CAÇÕES I	Plantação de aguapé Digestor de metano Motor térmico	1,6 %	30 %	0,48 %	4,6	46	185
SUPER-CAÇÕES II	Plantação de aguapé Digestor de metano Células eletrossintéticas.	1,6 %	60 %	0,96 %	2,3	23	93

* Baseado numa insolação média de 225 m²

toneladas por hectare por ano e um rendimento de 70 litros de álcool por tonelada de cana.

Os dados para o aguapé são mais favoráveis, revelando até certo ponto um otimismo associado possivelmente à falta de experiência industrial, mas traduzindo também o fato de que a transformação do aguapé em metano é consideravelmente mais eficiente do que a da cana em álcool.

Usando os dados mais favoráveis encontrados na literatura, a eficiência fotossintética do aguapé é de uns 5,6%, pois diz-se que produz até 600 kg de matéria seca por hectare por dia, e que essa matéria tem poder calorífico de 18 MJ kg⁻¹. Na tabela, mostramos, na última linha, esse valor. Mais conservadoramente, usamos, na linha do meio, uma produtividade de 400 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de matéria seca e adotamos o poder calorífico de apenas 15 MJ kg⁻¹. Isso leva a uma eficiência fotossintética de 3,1% — o dobro da eficiência da cana.

Onde o aguapé leva real vantagem é na eficiência com que a energia fixada pode ser transformada em energia de combustível útil. Essa eficiência tem sido reportada como de até 70%. Adotamos um valor de 60% e imaginamos que 15% do combustível produzido teria que ser empregado no acionamento do sistema, dando um rendimento líquido de 51% (comparado com 13% da cana). Assim, o sistema aguapé/metano pode dar, conservadoramente, uma eficiência total de 1,6% e fornece, conseqüentemente, 306 GJ km⁻² dia⁻¹, o equivalente a 51 barris de petróleo por quilômetro quadrado por dia, 8 vezes mais do que a cana.

A eficiência maior do sistema de metano em relação ao de etanol prende-se, naturalmente, ao fato de que para separar este último da água é necessário empregar um processo de destilação energeticamente oneroso. Por outro lado, o metano separa-se, espontaneamente, da água uma vez que é pouco solúvel na mesma.

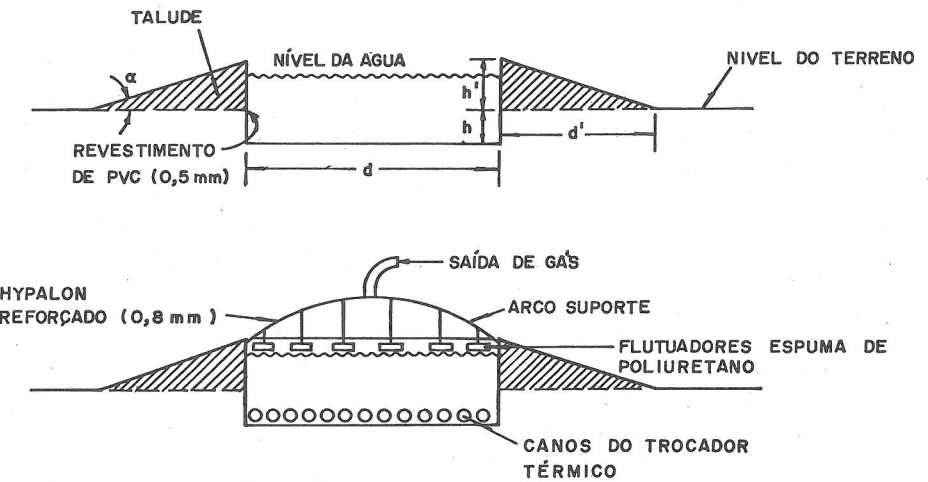
O aguapé possui certas outras vantagens importantes, especialmente como despoluidor de águas, no tratamento de esgoto, e no fato de que o efluente dos fermentadores anaeróbicos é um fertilizante bem mais concentrado do que o efluente dos fermentadores de cana, que é um vinhoto muito diluído.

Não se pode negar, no entanto, que há desvantagens e há obstáculos na produção industrial de metano a partir do aguapé. A desvantagem principal é a falta de experiência e de tradição no assunto. Os processos de fermentação anaeróbica são ainda mal conhecidos e precisam ser substancialmente otimizados. A fermentação é lenta, exigindo grandes tanques. No Brasil, há pouco hábito de uso de metano (que, nos Estados Unidos, supre um terço do consumo energético).

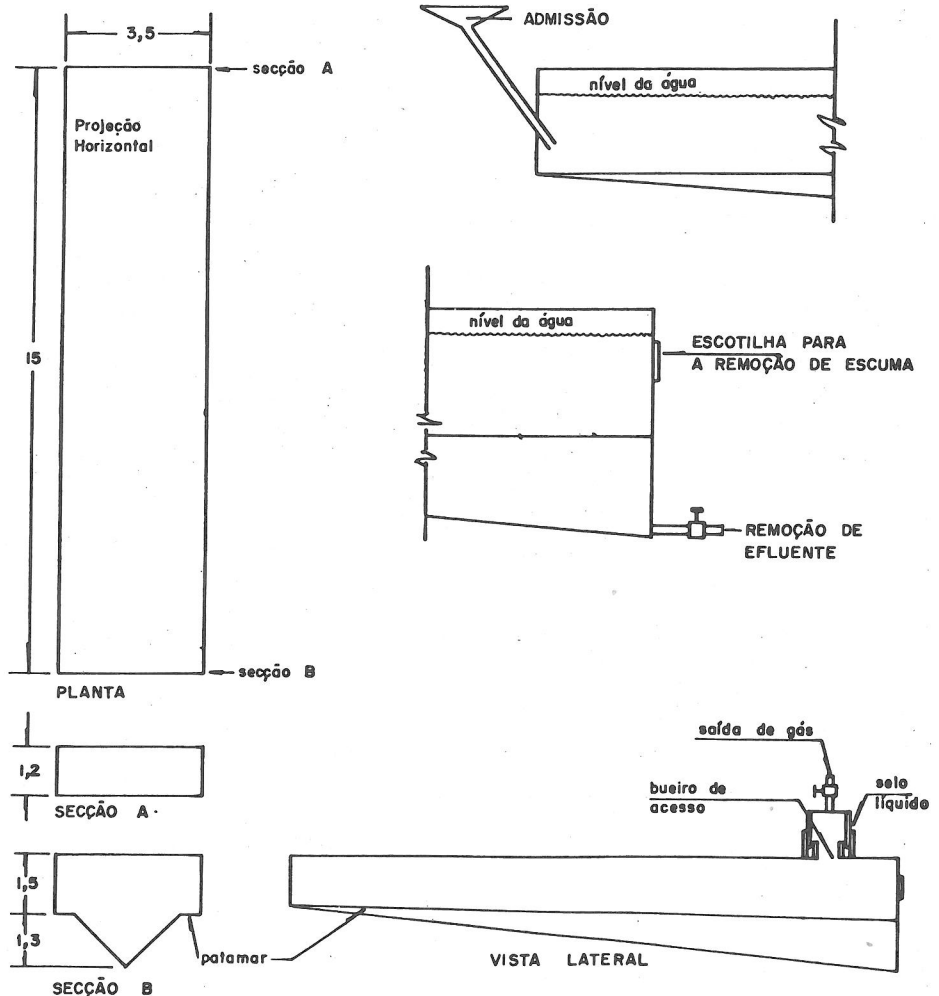
O aguapé só pode ser plantado em locais com terrenos planos e com abundância de água. Tudo isso limita o seu uso, até certo ponto. Não tenho dúvidas, no entanto, de que, no panorama energético do Brasil futuro, o aguapé e a cana formarão um binômio de suprema importância.

ANTONIO CARVALHO SALLES LUIZ — Antes, quero agradecer este honroso convite para instigador de debates desta brilhante ex-

DIGESTOR DE AGUAPÉ CONSTRUÍDO DE TERRA



DIGESTOR DE AGUAPÉ CONSTRUÍDO DE CONCRETO



posição que acabamos de ouvir, e que torna muito mais complicada minha missão. Começaria com as seguintes questões — pri-

meira: considera-se que aguapé é uma praga e, portanto, dar toda a atenção para o desenvolvimento dessa praga, aqui no Bra-

sil, possivelmente seria contraproducente; segundo: não a apresento como "cardeal do diabo", como se diz na minha terra. Todos sabemos que todo desenvolvimento ecológico se faz por sucessivas curvas "S", e todo desenvolvimento tecnológico que resulta surge quando se passa de uma curva "S" para outra, quer no mundo da ciência, quer no mundo da tecnologia propriamente dita. Então, eu vi muita preocupação, da parte do Professor, em certos aspectos do desenvolvimento do aguapé, em relação ao metano. Mas me pareceu que toda essa preocupação estava em um "S" em relação à tecnologia atual. Iguamente, tive a impressão — talvez eu não tenha compreendido bem — que logo no ponto de entrada eu não tinha visto preocupação de espécie alguma. Explico melhor: todo início é fotônico, do caráter das ondas eletromagnéticas que o sol nos envia. Evidentemente, aquele rendimento fotossintético apresentado é baixo: só apenas alguns fótons vão desempenhar algum papel nessa ação fotossintética — fatos de determinados comprimentos de onda e, portanto, de determinada energia corpuscular. Minha pergunta é: não seria possível incrementar extraordinariamente esse rendimento, se se aproveitasse de forma mais adequada esses fótons?

ALDO VIEIRA DA ROSA — Quanto à praga, de fato há um número maior de livros sobre como matar aguapé do que sobre como criar aguapé. Para os que não conhecem, é uma planta bonita, que tem uma flor muito bonita, a "orquídea de pobre". Como tal, ela tem vitimado turistas, que vêm ao Brasil ou à Venezuela, apanham a "orquídea de pobre" e as levam para seus países. O inimigo natural do aguapé é o peixe boi, e outros peixes que nos seus países não existem. A planta, então, tem invadido grandes áreas. Os norte-americanos gostam de dizer que nunca perderam uma guerra, e estão perdendo a do aguapé, que no Estado do Mississippi está invadindo vastas áreas de certos rios pequenos. Até a Nasa já entrou num programa para erradicação do aguapé. Em Americana há um lago, cuidadosamente fertilizado com o esgoto de Campinas, onde a planta está prosperando, com problemas muito sérios. De vez em quando, eles colocam gasolina na planta, tocam fogo, etc., mas ela fermenta tornando-se uma tremenda porcaria. O rio Pinheiros, aqui em São Paulo, também está dando alguns problemas, mas não muito, porque esse aguapé, daqui, é preguiçoso. Ele não despolui o rio Pinheiros. Cito agora que o aguapé é um despoluente, que constitui um dos melhores meios de extrair da água metais pesados. Ele retira, por hectare, 57 kg de fenol por dia; 120 gr de mercúrio de estrôncio ou de níquel por dia. A razão é, simplesmente, que o aguapé funciona como despoluente quando a gente o remove, tenha uma rotina de colheita. Deixando-o lá, ele simplesmente se satura e a água continua poluída. Então, a praga do aguapé, ao contrário do que o Prof. Salles Luis disse, é uma motivadora do uso do aguapé. Para livrar-se dele, deve-se colhê-lo e usá-lo para alguma coisa. Se deixar na margem do rio, ou se transportar, isso vai sair muito caro, e ele vai apodrecer de qualquer jeito. Provavelmente, na nossa demonstração, vamos usar aguapé plantado, já que não é muito econômico transportar aguapé. No caso do aguapé ser removido de qualquer maneira, já há um custo necessário para a

remoção. Estamos transportando 94% de água. E uma coisa que precisamos lembrar é que o Nordeste, que padece de falta de água, tem açude e tem aguapé no açude; esquece que essa água evapora cinco a sete vezes mais do que uma superfície de água. E uma bomba de evaporar água. Para conservar água no açude, é necessário retirar o aguapé.

Quanto à utilização mais eficiente de fótons, naturalmente há várias tentativas, que vão desde tentar uma fotossíntese mais eficiente — e isso transcende completamente minhas capacidades — até à conversão direta, em que se podem obter eficiência bastante elevadas: usando conversão direta em silício, com 17% de eficiência. Mas é muito caro, hoje, o KW da conversão direta, que isso deve estar muitos anos no futuro. Precisamos melhorar três ordens de magnitude, para poder fazer conversão direta econômica. A razão é a intermitência do sol no chão, a planta é um bom integrador, como qualquer planta. Diga-se de passagem, aliás, que está sendo proposto um sistema de conversão direta, nos EUA, que cito rapidamente. O que aqui é *science fiction*, lá é realidade. Há uma proposta, séria, de fazer um satélite, que apanhe energia solar, transforme essa energia em corrente contínua, por meio de células de silício; transforme essa corrente contínua em microondas, mande essas microondas para o solo, inverta e faça uma corrente alternada. Cada satélite desse tipo tem potência igual a uma Itaipu, um pouco menos, 10 GW. Estão sendo propostos 120 satélites desses. Então, esse é um jeito mais eficiente de usar fótons, mas o preço é ligeiramente alto. O desenvolvimento está orçado em 51 bilhões de dólares...

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta o Prof. Paulo Alvim, da Ceplac:

Em nossos laboratórios, na Bahia, estamos realizando alguns estudos com aguapé e outras plantas aquáticas (Pistia, etc.) há cerca de três anos. Determinamos produtividade, eficiência fotossintética e evapotranspiração.

Fiquei surpreendido com os dados da produtividade citada pelo autor. Nós encontramos uma produtividade média, para todo o ano, correspondente a uma eficiência fotossintética de cerca de 1,7% (radiação total) ou 3,8% (radiação fotossinteticamente ativa).

Gostaria de saber onde foi obtida a produtividade de 600 t por hectare por ano.

ALDO VIEIRA DA ROSA — Eu não falei em 600 toneladas, mas, sim, em 600 quilos/hectare/dia. A eficiência fotossintética, citada na pergunta, foi de 1,7 da radiação total. Isto me parece pouco; nós usamos 3,1 como conservador.

No entanto, queria acrescentar que gostaria de ser convidado no ano que vem, novamente, quando poderei falar em dados brasileiros, pois, no momento, só temos dados importados, e os trabalhos brasileiros são pouco conhecidos, ainda.

Outra pequena informação que gostaria de lhes dar é que o aguapé é um nome genérico de várias plantas.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunto ao Sr. Paulo Alvim se deseja manifestar-se.

PAULO ALVIM — Achei muito interessante a sua exposição. Quanto à eficiência fotossintética, encontrei 1,7 e 3,8 com radiação visível, pois há duas maneiras de se calcular. As determinações são feitas em várias fases do ano. Há épocas do ano em que realmente a produtividade cai muito.

A planta é excelente para reciclagem, e essa é a principal vantagem que vejo. E, também, uma boa fonte de adubo, podendo, inclusive, usar-se as cinzas para reciclar os fósforos que se perdem. E a planta ainda fixa o nitrogênio.

Agora, na perda de água, seu entusiasmo me parece excessivo; nós encontramos 50% de aumento.

ALDO VIEIRA DA ROSA — Isto é, de fato, extremamente variável e depende de várias condições. Agora, estou em desvantagem, pois estou falando com dados de outros contra pessoas que têm experiência própria.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta do Sr. J. B. Moreno, da Duratex S.A.:

É sabido, através de um trabalho publicado pela NASA, que o aguapé é rico em proteína e contém todos os amino-ácidos essenciais. Pergunto: Não seria mais vantagem fazer o aproveitamento desta proteína? Por que não desenvolver um micro-organismo que consuma os carboidratos do aguapé por produção de metano e deixar livre as proteínas? É uma sugestão.

ALDO VIEIRA DA ROSA — Sem dúvida o aguapé é considerado uma boa fonte de ração de gado. No nosso programa está incluída essa investigação. O problema é a secagem do aguapé, pois contém uma quantidade grande de água e estamos, então, transportando essa proteína junto com muita água.

Quanto a um microorganismo que respeite a proteína e consuma celulose e hemicelulose, é teoricamente possíveis, mas não sei se é desejável.

ALBERTO P. DE CASTRO — Pergunta do Sr. Hildo Battistella, da Battistella, Reflorestamento S.A.

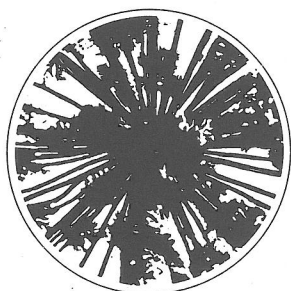
Na suposta usina de aguapé de 2 MW, peço:

- Confirmar se só serão necessários 93 hectares;
- Qual o provável valor de investimento, ordem de grandeza em duas alternativas: uma só para produzir metano, e outra só para usina de eletricidade?

ALDO VIEIRA DA ROSA — Sempre é necessário produzir metano, e depois há a opção de transformação de metano em eletricidade. Os 93 hectares de que falei envolvem o uso de células eletrossintéticas, que precisam ser importadas. É provável que uma tecnologia como esta possa ser desenvolvida aqui. Está, então, entre 93 a 200 hectares, comparada com os 1400 da cana.

Quanto ao valor do investimento, não sei.

Seminário



FLORESTA potencial energético brasileiro

SESSÃO DE ENCERRAMENTO, realizada às 17:00 h de 10/8/77, no Estúdio G do Palácio das Convenções, Parque Anhembi, São Paulo.

PRONUNCIAMENTOS:
SÉRGIO LUPATELLI
LAERTE SETÚBAL FILHO
MINISTRO SHIGEAKI UEKI

MESA DIRETORA

CONVIDADO ESPECIAL

MEMBROS

- **SHIGEAKI UEKI**
Ministro das Minas e Energia

- **MAX FEFFER**
Secretário da Cultura Ciência e Tecnologia — SP
- **OLAVO EGYDIO SETÚBAL**
Prefeito Municipal de São Paulo
- **PAULO A. BERUTTI**
Presidente do IBDF
- **PAULO DA ROCHA CAMARGO**
Secretário da Agricultura — SP
- **SÉRGIO LUPATELLI**
Presidente da SBS
- **LAERTE SETÚBAL FILHO**
Vice-Presidente da SBS

UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA, UMA OPÇÃO NACIONAL

SÉRGIO LUPATELLI

A intensidade da programação cumprida no curso destes últimos três dias, com a pesada carga de trinta horas preenchidas com informações de nossos conferencistas, seguidas de debates, bem ofereceu a idéia do cumprimento dos nossos objetivos essenciais. Hoje, podemos dizer, acumulamos um volume sem precedentes das análises e pesquisas com que cientistas e técnicos de todo o mundo estão propondo-se conquistar a energia da biomassa através dos esforços determinados pela crise energética com que nos defrontamos desde 1973.

A constatação da realidade mundial no campo energético, se, de um lado, se nos afigura como penosa, nem por isso, do outro, deixa de oferecer as esperanças de uma solução; verificamos, aqui, no curso desses três dias, que o leque de opções contido na exploração da biomassa, especialmente desse recurso natural renovável que é a madeira, nos acena como bandeira que tremula como novo símbolo de uma esperança que não é vã. Ao olharmos, por exemplo, ao nosso redor, nesse mundo sem fronteiras, aproximado pelo avanço das comunicações rápidas, verificamos, por exemplo, situações bem mais difíceis do que a enfrentada pelo Brasil. A Suécia, com seu potencial hídrico praticamente esgotado, sem reservas petrolíferas significativas e registrando

condições climáticas pouco favoráveis ao aproveitamento da energia fotosintética, viu-se forçada a concentrar seus esforços na direção do aproveitamento da energia nuclear — utilizando-se de sua apreciável reserva de urânio. Os Estados Unidos, segundo o Prof. Rogério Cerqueira Leite, da Unicamp, entidade que muito colaborou para o brilho do painel que realizamos, também registram um potencial hídrico quase plenamente saturado. Com a área cultivável do seu território inteiramente concentrada e comprometida na produção de alimen-

tos, a nação norte-americana apresenta, neste particular, uma necessidade correspondente a mil quilômetros quadrados para a produção de biomassa, caso suas necessidades energéticas atuais, de dois bilhões de quilowatts, viessem a ser supridas por conversão fotossintética de energia solar, o que colide frontalmente com a prioridade da produção de alimentos. Dessa maneira, com o esgotamento de suas reservas próprias de petróleo previsto para menos de vinte anos, não restam aos Estados Unidos muitas alternativas imediatamente realizáveis, dentro das atuais limitações ecológicas. As importantes reservas de carvão lá existentes não foram ativadas, pois apenas recentemente tiveram solução parcial os problemas de poluição relacionados com esse combustível fóssil. Possuidor de uma tecnologia nuclear desenvolvida para fins estratégicos e detentor de expressivas reservas de urânio, afigura-se-nos bastante fácil entender o porquê da relativa prioridade do seu programa nuclear.

O Japão, por seu turno, sem contar recursos de combustíveis fósseis e sem áreas disponíveis em seu território para a produção de biomassa, lançou-se ao cumprimento de um vasto e diversificado programa de investigações sobre fontes alternativas de energia; dentre elas, conversão de



energia térmica dos oceanos e aproveitamento da energia solar por conversão direta. A situação desse país é tão crítica que, mesmo sem ser detentor de reservas apreciáveis de urânio, adotou um plano de instalação de reatores para a produção de energia nuclear, partindo do princípio de que, uma vez que o país é necessariamente dependente em energia, tornou-se imperioso diversificar ao máximo o suprimento de sua demanda. Nessa mesma linha, o Japão aciona um ambicioso programa de aproveitamento fotossintético a partir de resíduos da madeira de suas indústrias integradas.

Convém não nos esquecermos do caso da Rússia. Possuindo mais de 60% das reservas de carvão conhecidas no mundo, com disponibilidade de recursos hídricos ainda não inteiramente aproveitados e importantes reservas agricultáveis de terras, o seu programa de produção de energia elétrica através de reatores nucleares é relativamente modesto, se considerarmos as dimensões de suas reservas de urânio e a importância estratégica da tecnologia nuclear. Atentando-se, ainda, para a circunstância de que suas reservas petrolíferas, muito provavelmente, ultrapassarão, em longevidade, as reservas do Oriente Médio e do Ocidente!

Na Alemanha Ocidental e na França, a situação mantém alguma semelhança: carentes de petróleo e de re-

ursos hídricos, com terras agricultáveis totalmente saturadas, restam-lhes poucas opções. As apreciáveis reservas alemãs de **linhito** e carvão estão sendo ativadas por intermédio de novas e antigas tecnologias que possibilitam a gaseificação do carvão, não obstante a conseqüência inevitável de relativos danos ambientais. Por sua vez, a França está com suas reservas carboníferas praticamente esgotadas. E não sobram à Inglaterra e demais países da Europa, as expectativas de gás natural e de petróleo do Mar do Norte, que parecem, ao que se sabe agora, terem sido excessivamente otimizadas.

Pois bem, Senhores: o quadro traçado exaustivamente no curso deste Seminário deixou bastante exposta a situação brasileira e suas perspectivas, razão pela qual me eximo de repeti-la.

Concluimos, sem sombra de dúvidas, que a biomassa representa a maior e mais palpável opção nacional, dentro do elenco a que fiz referência.

Por isso, acredito que, num futuro próximo, a energia da biomassa deverá ter, no caso brasileiro, a mesma, ou até mesmo maior, expressão em relação aos outros campos da energia tradicional: energia fóssil, energia nuclear e energia hidráulica.

As conclusões deste Seminário aí estão para a comprovação dessa assertiva. Cumpre-nos, agora, acelerar,

numa fase de transição necessária aos reclamos da situação brasileira, a fase da saída urgente dos laboratórios de pesquisa para o campo prático da produção em escala econômica. Uma atitude que implica no cunho patriótico da união de todas as forças vivas da Nação, representando, na emergência de assegurarmos a continuidade do nosso desenvolvimento, um dever cívico tão importante quanto aqueles que já norteiam nosso sentimento de brasilidade.

Foi bastante intenso o interesse em participar deste Seminário, demonstrado por todas as entidades e por todas as pessoas que nos atenderam e nos prestigiaram com sua presença. Fica assim bastante ressaltada a união de quase todas as entidades de classe representativas do setor, que estiveram presentes maciçamente. Da mesma forma, recebemos plenamente o indispensável apoio do FINEP, do IBDF, da Secretaria de Ciências, Cultura e Tecnologia.

Finalmente, desejo agradecer ao Sr. Prefeito a sessão deste local, que foi absolutamente indispensável à execução dos nossos trabalhos, para que pudéssemos obter o sucesso que pretendemos ter tido. Também tivemos a participação da ARBRA — Associação das Empresas de Reflorestamento do Brasil.

Muito obrigado.

UM BALANÇO DO SEMINÁRIO ENERGÉTICO

LAERTE SETÚBAL FILHO

É minha função ler as recomendações a que chegaram os redatores do Seminário, após terem ouvido as conferências e os debates que se processaram aqui nestes três dias. Todavia, mesmo correndo o risco de ser impreciso nas minhas observações e comentários, pretendo falar alguma coisa sobre as idéias que os Srs. Conferencistas desenvolveram neste Seminário. Gostaria de fazer uma síntese de cada uma das palestras, informando a respeito da diversidade das idéias apresentadas com relação a um assunto tão importante como é o da energia da floresta.

O primeiro conferencista — Dr. João Consani Perrone, coordenador do Projeto de Hidrólise do Instituto Nacional de Tecnologia, do Ministério da Indústria e Comércio, falou sobre "Os processos hidrolíticos no aproveitamento dos recursos renováveis". Abordou o problema mostrando que o caminho que, segundo tudo indica, é, no momento, o mais lógico para o Brasil, é a importação da tecnologia soviética para a produção de açúcar na destilação da madeira, uma vez que aquele país mantém 45 usinas em funcionamento, razão porque é o único que tem, efetivamente, o maior cabedal de produção industrial.

O segundo conferencista, Mr. Jerome Saeman, que é "Deputy Director" do Departamento de Agricultura dos EUA, no setor Forest Products,

Madison Laboratory, falou sobre as estratégias e prioridades no uso da madeira para minimizar a crise energética. Desenvolveu a tese de que qualquer programa para a produção de carburantes de madeira deverá ser sempre referido ao poder calorífero da queima direta da madeira. E, para isso, será necessário desenvolver uma tecnologia de queima de madeira muitas vezes melhor do que a atualmente usada no Brasil. Abordou também o curioso aspecto da utilização da madeira em confronto direto com

outros produtos, cuja elaboração final exige grande consumo de energia, como é o caso do alumínio e do ferro que, em muitos usos, na construção civil, podem ser substituídos por madeira, que é produto praticamente pronto para sua utilização final. A energia que a madeira demanda, para transformar-se em produto final, é muito pequena. Como última alternativa, então, seria estudada a utilização da destilação da madeira para obtenção dos produtos carburantes.

O terceiro conferencista, Dr. Carlos Thibau, do CREA de Minas Gerais, falou sobre "Política Florestal e Aproveitamento da Energia Fotossintética em Programas Especiais". Buscou demonstrar que a política florestal está intimamente ligada à estrutura do Código Florestal, razão por que enfatizou o aperfeiçoamento dessa ferramenta, assim como a ordenação das prioridades que visam à regeneração e rotatividade das florestas e das vegetações dos cerrados existentes.

O quarto conferencista, Dr. George C. Szego, da Intertechnology/Solar Corp., da Virgínia, falou sobre os principais programas da biomassa-madeira nos EUA. Deu ênfase especial ao fato de que o Brasil se encontra em uma encruzilhada, e que este é o momento das grandes decisões referentes à exploração da biomassa brasileira, tendo em vista a obtenção dos carburantes necessários, e chamando



a atenção para o fato de que a exploração e produção de carburantes, mesmo em condições econômicas ligeiramente desvantajosas, serão sempre feitas em moeda local; e, sendo uma produção renovável, praticamente é uma solução *ad infinitum*. E, para isso, o País tem todas as condições de solaridade, extensão territorial e condições climáticas satisfatórias.

O mesmo conferencista levantou uma série de teses muito avançadas, a respeito das chamadas usinas osmóticas — utilizando a força osmótica das plantas. Mencionou ainda a célula combustível que usa metanol, e outras soluções de alta tecnologia, que sua empresa estaria pronta a fornecer para utilização no Brasil.

O quinto conferencista, Dr. Wilhelm Patzak, da Universidade de Munique, Alemanha, falou sobre "Energia da Madeira e de Resíduos: Estágio Atual da Pesquisa e da Prática na Alemanha Ocidental". Preocupou-se, principalmente, com a utilização dos subprodutos das indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima, enfatizando o aspecto calorífico e a baixa poluição produzida pela queima desses produtos, tendo fornecido em detalhes os esquemas e as normas alemãs a respeito do assunto.

Em seguida, o Dr. Alberto Pereira de Castro, do IPT de São Paulo, falou sobre "A Floresta Plantada como Fonte de Energia e de Matéria-Prima

para a Indústria Química". Apontou os principais trabalhos desenvolvidos nesse campo pelo IPT e outras entidades de pesquisas congêneres, com vistas a apropriarem-se processos e produtos que intensifiquem a obtenção de energia a partir da madeira. Expôs a situação florestal, em termos de área plantada e de disponibilidades futuras, conciliando — até onde os dados estatísticos permitiam — o rendimento das florestas, seu uso industrial e alternativas energéticas. Fez, finalmente, uma previsão das quantidades de produtos a serem obtidos nos anos futuros.

A Dra. Clara Pandolfo, da Sudam, em brilhante palestra abordou o tema "A Floresta Amazônica no Contexto Energético brasileiro", dando visão panorâmica sobre a política e as pesquisas realizadas por aquele órgão, aproveitamento racional do potencial da Floresta Amazônica.

Finalmente, o Dr. José Israel Vargas, Secretário de Ciências e Tecnologia de Minas Gerais, falando sobre "O Programa de Racionalização da Siderurgia a Carvão Vegetal — a Madeira como Fonte de Energia", fez uma síntese extremamente clara de todo o processamento da obtenção da energia dos diversos subprodutos da madeira, tendo feito uma descrição detalhada da situação da indústria do carvoejamento em Minas Gerais e dos trabalhos desenvolvidos pela sua Se-

cretaria para o aperfeiçoamento e a pesquisa, de forma a facilitar o programa da produção do álcool como um componente de uma política integrada da destilação de fibras vegetais em geral.

A par dos conferencistas citados, durante a segunda e a terça-feira à noite foram feitos painéis, sob a denominação de "Outras Fontes Não-Convencionais de Energia", nos quais se buscaram exemplos práticos do que está, neste momento, sendo feito em vários países do mundo, e de estudos obtidos, já, no Brasil. Dessa forma, tivemos uma palestra do Dr. Maurice Bergonzo, da Cerchimie, França, sobre "Pirólise da Madeira, Usina de Auvergne", um exemplo prático. O Dr. Antônio C. Quintella, da Lurgi do Brasil, falou sobre "Hidrólise da Madeira, uma Usina de Xilita na Finlândia", um exemplo prático. O Dr. Pierre Chenu, da Copersucar, falou sobre "Produção de Carburante derivado da Cana-de-Açúcar", um exemplo prático. O Dr. Sérgio Trindade, do Centro de Engenharia da PROMON, falou sobre "Produção de Carburante derivado de Mandioca". E, finalmente, o Dr. Aldo Vieira da Rosa, da Unicamp, falou sobre "Energia Derivada do Aguapé".

Através da observação e da análise de tudo que foi dito, a Comissão de Redação propôs recomendar ao Governo os seguintes pontos (íntegra na abertura destes Anais):

O OBJETIVO É RACIONALIZAR O USO DA ENERGIA

SHIGEAKI UEKI

Pelos debates que aqui se sucederam, discutindo amplamente o problema energético brasileiro e, sobretudo, a alternativa madeira como fonte primária de energia, no nosso país, nós, como responsáveis pela execução da política energética do governo do Presidente Geisel, consideramos todos esses subsídios como da maior importância.

Prometemos, assim, examinar, na nossa Assessoria, da melhor forma e o mais rápido possível, todas as sugestões contidas nas conclusões do seminário, e todas aquelas viáveis não hesitaremos em adotar.

A crise de energia, realmente, exige o trabalho, o estudo intenso, por parte de todos os responsáveis. Não é um trabalho exclusivo do Governo, mas exige a atenção, a preocupação e o interesse de todos os brasileiros, e eu diria de todo o mundo.

A crise energética é uma realidade e como toda crise traz consigo conseqüências terríveis para a vida do país. Mas a crise de energia é entendida, sobretudo, como uma crise mundial. É um problema mundial, não é um problema continental, não é um problema regional. E daí, vemos com grande satisfação a participação de técnicos de diferentes países no simpósio que se encerra, porque todos eles, tenho a certeza, estão

pensando da mesma forma. A crise é mundial e somente através de um esforço mundial é possível minimizar seus efeitos.

Nós entendemos que o problema da energia deve ser examinado sob três ângulos: técnico, econômico, e também sob o aspecto político. Energia é sobretudo um problema técnico, um problema econômico e um problema político.

Tecnicamente, de certa forma, nós temos solução para a crise energéti-

ca, mas temos que estudar as diferentes alternativas, sob aspecto econômico. Essa é a razão porque no século passado a madeira deixou de ser a fonte principal de energia na Europa. Essa é a razão também porque a madeira deixou de ser a fonte principal de energia nos EUA. Essa, também, é a razão principal porque, ano a ano, a madeira, o bagaço de cana, vem diminuindo sua participação no consumo global de energia do nosso país.

Para um consumo total de energia, do nosso país, da ordem de 50 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, em 1966, a madeira, o bagaço de cana e o carvão vegetal representavam 45% do consumo global da energia, cerca de 22,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

Em 1976, quando o consumo global de energia tinha atingido perto de 100 milhões de toneladas, a lenha, o bagaço de cana e o carvão vegetal representaram cerca de 26%, porque o consumo global desses três itens atinge 26 milhões de toneladas.

Portanto, da participação de 45% o consumo caiu para o nível de 26% em 1976. Se fizermos a pergunta: por que a lenha, o bagaço de cana e o carvão vegetal diminuíram a sua participação no consumo global de energia? A resposta é que o consu-



midor teve alternativa energética mais barata, seja em petróleo, gás natural, energia hídrica, etc.

Naturalmente para fazer com que — e seria altamente desejável, e nós acreditamos, também, que o Brasil tem condições de usar mais intensamente o solo e a mão-de-obra disponível — o bagaço de cana, a lenha e o carvão vegetal, enfim, a madeira, a biomassa, venham a representar novamente um peso maior no consumo global de energia, teremos que resolver os problemas sob o ponto-de-vista econômico. É fundamental ter carvão vegetal ou madeira, como fonte de energia, a um custo mais baixo do que o petróleo; do que a energia hídrica transformada em energia elétrica, e outras fontes de energia.

Daí, é da maior importância que os debates aqui realizados, sobretudo no aspecto técnico — estou certo de que todos os senhores tiveram essa preocupação — tenham examinado com o maior cuidado os aspectos econômicos.

Se a tecnologia evoluir a um ponto em que venha permitir a produção de madeira, lenha, carvão vegetal, bagaço de cana ou outras fontes de energia, a um custo mais baixo que outras fontes disponíveis no País, evidentemente, nos próximos anos, esses itens terão uma participação progressivamente maior.

Também acreditamos, repetindo, que é possível ao Brasil usar cada vez mais madeira, carvão vegetal, bagaço de cana e outras fontes resultantes da fotossíntese como fonte de energia.

É preciso, entretanto, desenvolver uma tecnologia que venha reduzir o seu custo.

O Brasil está realizando um grande esforço no sentido de buscar uma independência maior no setor de energia, está intensificando a pesquisa do petróleo, não somente através da Petrobrás, mas, também, com os contratos de serviços. Está investindo grande soma de recursos para ampliar cada vez mais a utilização da energia hídrica, transformando-a em energia elétrica. Está desenvolvendo um programa realista no campo nuclear. Está executando o Plano Nacional do Alcool, que junto com a política de produção de açúcar é, realmente, uma política adequada para a realidade nacional. Está realizando pesquisas para desenvolvimento de fontes alternativas de energia e, sobretudo, a principal fonte de energia, na nossa opinião, que é o uso mais racional de energia; a política de racionalização vem sendo perseguida pelo Governo com maior intensidade, com o maior rigor.

A principal fonte de energia, a curto prazo, ainda continua sendo a

economia — o uso mais racional de energia.

Enfim, senhores organizadores, eu gostaria de concluir congratulando-me com a iniciativa, prometendo um exame cuidadoso de todas as sugestões contidas nos diferentes documentos, dizendo, inclusive, que desde o início temos assessores nossos participando dos trabalhos e eles continuarão a examinar esses documentos e todas as sugestões válidas serão adotadas.

Pretendemos, através de verbas de fundos federais, estimular a continuidade de diferentes pesquisas que vários institutos de pesquisas estão realizando neste momento.

Temos dados muito interessantes, como é o caso do aguapé e, também, o problema da destilação da madeira por ocasião do carvoejamento ou carbonificação da madeira e outras sugestões que foram apresentadas nos três dias de trabalho do Simpósio.

Muito obrigado aos senhores, e nós desejamos, principalmente aos participantes estrangeiros, que tenham uma feliz estada entre nós e que continuem a nos visitar para conhecerem melhor os nossos problemas e as nossas potencialidades, com a certeza de que a colaboração que prestaram foi de grande valia para nós. Muito obrigado.

10 ANOS DE REFLORESTAMENTO INCENTIVADO: PROTOCOLO DE INTENÇÕES

"As entidades abaixo-assinadas, representadas pelos seus presidentes, no pleno exercício do cargo, reunidos no curso do Seminário "Floresta — Potencial Energético Brasileiro", decidem, com o apoio expresso de entidades governamentais, levarem avante o projeto de estudos para a Avaliação dos impactos do florestamento e reflorestamento após a vigência dos (10) dez anos de incentivos fiscais voltados para o setor. O projeto será desenvolvido de acordo com o roteiro de trabalho já elaborado pela Sociedade Brasileira de Silvicultura, oficialmente entregue ao Senhor Presidente do IBDF — Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, nos termos de convênio firmado entre as entidades.

O levantamento, que envolve trabalhos de campo, fornecendo amostragem segura de verdadeiro inventário florestal, vai permitir a aferição do que o País realizou até aqui através do florestamento incentivado, indicando as bases para a reorientação da política florestal, e correção de distorções que eventualmente vierem a ser constatadas.

Para levar adiante a tarefa a que

ora se propõem, fica instituído o Conselho Deliberativo que terá como tarefa o cumprimento do presente protocolo de intenções, composto dos dirigentes de entidades e órgãos governamentais abaixo-assinados que, para tanto, se reunirá, proximamente, oportunidade em que indicará o quadro executivo para atingir as metas aqui previstas.

Palácio das Convenções, Parque Anhembi.

São Paulo, 10 de agosto de 1977

Paulo de Azevedo Berutti
Presidente
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

Sérgio Carlos Lupattelli
Presidente
Sociedade Brasileira de Silvicultura

Afonso Armando de Lima Vitule
Presidente
ARBRA — Associação Brasileira das Empresas de Reflorestamento

Max Feffer
Secretário de Estado
Secretaria de Cultura, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo

Alexandre Henriques Leal Filho
Vice-Presidente
FINEP — Financiadora de Estudos e Projetos

Roberto Maluf
Presidente

Sindicato da Indústria de Serrarias, Tanoarias, Carpintarias e Chapas de Fibra de Madeira no Estado de São Paulo

Jamil Nicolau Aun
Presidente

Sindicato da Indústria do Papel, Celulose e Pasta de Madeira para Papel no Estado de São Paulo

Samuel Klabin
Presidente

Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose

Ernani Galvêas
Presidente

Associação Brasileira dos Exportadores de Celulose — Abecel

Horácio Cherkassky
Presidente

Associação Paulista dos Fabricantes de Papel e Celulose

Leopoldo Garcia Brandão
Presidente

IPEF — Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

José Israel Vargas

Secretário de Estado
Secretaria de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

Laerte Setúbal Filho
Presidente

Comissão Organizadora do Seminário Floresta — Potencial Energético Brasileiro e mais os representantes dos governos do Estado de Minas Gerais e Mato Grosso.

ENTRE A SEGURANÇA DAS RESERVAS
FLORESTAIS OU O ABASTECIMENTO DE PAPEL
DA SUA EMPRESA, A SUZANOFFEYER OPTOU
PELOS DOIS AO SE TORNAR A PRIMEIRA
FÁBRICA DO MUNDO A PRODUZIR, EM ESCALA
INDUSTRIAL, BOM PAPEL COM 100% DE CELULOSE
DE EUCALIPTO.

UMA RECEITA,
ALIÁS, QUE TEVE
MUITO SUCESSO.



SUZANOFFEYER

JAAKKO PÖYRY engenharia s.a.

**CONSULTORES PARA AS INDÚSTRIAS
DE CELULOSE, PAPEL E MADEIRA**

SERVIÇOS PRESTADOS:

ESTUDOS

Análise de Mercados
Planejamento Florestal
Estudos do Produto
Engenharia Conceitual
Estudos Técnico-Econômicos
Ensaio e Pesquisas

ENGENHARIA

Processo
Civil e Arquitetura
Mecânica
Elétrica
Instrumentação
Hidráulica
Proteção do Meio Ambiente

ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Manuais de Operação
Manuais de Manutenção
Start-Up
Treinamento

ADMINISTRAÇÃO DE PROJETOS

Planejamento Global e Detalhado
Controle de Custos
Controle de Prazos
Assessoria em Compras
Administração de Construção
e Montagem

 **JAAKKO PÖYRY**
engenharia s.a.

Rua Marambaia, 435 (Bairro Casa Verde)
Caixa Postal 5.169 — CEP 02513
Telex: 11.22.076 — SASP — BR
Telefone: 266-4466 (PABX)
São Paulo — SP

SILVICULTURA

DIRETORIA DA SBS

Presidente: Sérgio Lupattelli

Secretário-Geral: Roberto de Mello Alvarenga

Diretor-Financeiro: Luiz Augusto Galdi de Almeida

Diretor: Francisco Bertolani e Alvaro Ra

Vice-Presidentes: Laerte Setubal Filho, Helládio A. Mello, Leopoldo Garcia Brandão, Hildo Battistela e Antonio Lopes.

Conselho Diretor: Herbert Levy, José Benedito Aranha, Armando Martins Clemente, Geraldo E. Speltz, José Wilson Saraiva, Jan W. Roorda e Geraldo B. San Clemente.

Conselho-Consultivo: Jamil N. Aun (presidente), Roberto Maluf, Clara Pandolfo, Ruben de Mello, Pieter W. Prange, Jayme Mascarenhas Sobrinho, Manoel Roriz, Ronaldo A. Guedes Pereira e Antonio S. Rensi Coelho.

Conselho-Editorial: Sérgio Lupattelli, Laerte Setubal Filho, Roberto de Mello Alvarenga, Mauro Antonio Moraes Victor, Helládio do Amaral Mello, Clara Pandolfo, Horácio Cherkassky, Ruben de Mello.

REDAÇÃO

Diretor Responsável: Alaôr José Gomes

Diretor: Reginaldo Finotti

Secretária: M. Stella L. de Barros Blay

Editor de Arte: Elizeu A. Padilha

Escritórios Regionais: São Paulo (SP), Luiz Antonio Zambotto — Rua Conselheiro Crispiniano, 344 — 4.º conj. 410. Belém (PA), Francisco Guerra — Av. Presidente Vargas, 351 — gr. 1001.

Composição e Impressão: Impressora IPSIS S.A. — Rua Dr. Lício de Miranda, 451 — São Paulo.

Produção e Supervisão Editorial e de Publicidade: UNIPRESS — Assessoria de Imprensa e Divulgação Ltda. — Avenida Paulista, 2006 — 12.º — Conjuntos 1210/1212 — Tel. 285-6233 — São Paulo.

SILVICULTURA é uma publicação bimestral editada pela Sociedade Brasileira de Silvicultura, entidade de utilidade pública, fundada em 21 de setembro de 1955, independente e apolítica.

É permitida a reprodução de artigos, desde que citada a fonte.

Os editores não se responsabilizam por conceitos emitidos em artigos assinados, de inteira responsabilidade dos autores e que não refletem, necessariamente, a opinião da Revista.

DISTRIBUIÇÃO DIRIGIDA