

IPÊA/INPÊS
Serv. de
Documentação

Energia na indústria de papel e
celulose



RJF0116/85

IPÊA - RJ

TEXTOS PARA DISCUSSÃO

GRUPO DE ENERGIA

Nº XXV

"Energia na Indústria
de Papel e Celulose".

Maria de Fátima Passos

Janeiro de 1985

IPÊA
02-85

Tiragem: 100 exemplares

Trabalho elaborado em : Novembro/1984

Instituto de Pesquisas do IPEA
Instituto de Planejamento Econômico e Social
Avenida Presidente Antonio Carlos, 51 - 13/17º andar
20020 Rio de Janeiro RJ
Tel.: (021) 210-2423



Este trabalho é da inteira e exclusiva responsabilidade de seu autor. As opiniões nele emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista da Secretaria de Planejamento da Presidência da República.

SUMÁRIO

	Página
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - PERFIL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE PAPEL E CELULOSE ...	2
2.1 - Histórico e importância da indústria de papel e celulose no Brasil	3
2.2 - Classificação das indústrias e produtos	5
2.3 - Evolução da produção, exportação e importação no setor de papel e celulose	6
2.4 - Concentração regional e empresarial	9
2.5 - Mão-de-obra	10
2.6 - Custos de implantação e operação	10
3 - INSUMOS E PROCESSOS PARA FABRICAÇÃO DE PAPEL E CELULO- SE	14
3.1 - Insumos	14
3.2 - Processos de produção	17
3.2.1 - Etapas do processo produtivo	17
3.2.2 - Tipos de processos	24
4 - DEMANDA ENERGÉTICA DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE	25
4.1 - Introdução	25
4.2 - Evolução do consumo de energia no setor	29
4.2.1 - Consumo de óleo combustível	32
4.2.2 - Consumo de biomassa	36
4.2.3 - Consumo de carvão mineral	37
4.2.4 - Consumo de energia elétrica	39
4.2.5 - Consumo de óleo diesel	41
4.3 - Consumo de energia nos subsetores da indústria de papel e celulose	43
5 - CONSERVAÇÃO ENERGÉTICA E SUBSTITUIÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE	46
5.1 - Introdução	46
5.2 - Racionalização do consumo de derivados de petrô- leo	47
5.3 - Substituição dos derivados de petróleo	50
5.3.1 - Biomassa	51
5.3.2 - Carvão mineral	62
5.3.3 - Bagaço de cana	65

	Página
5.3.4 - Gás natural	68
5.3.5 - Energia elétrica	69
5.4 - Conclusões	72
6 - CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PA- PEL E CELULOSE	76
6.1 - Introdução	76
6.2 - Metodologia	76
6.2.1 - Estimativa do consumo de papel	77
6.2.2 - Estimativa da produção de celulose	78
6.2.3 - Estimativa da demanda energética	79
6.3 - Cenários	81
6.3.1 - Cenário conservador	81
6.3.2 - Cenários de substituição	83
6.4 - Conclusões	87
7 - CONCLUSÕES	88
ANEXOS	92
BIBLIOGRAFIA	109

LISTA DAS TABELAS

	Página
Tabela 2.1 - Evolução da Produção, Importação, Exportação e Consumo Aparente de Celulose	7
Tabela 2.2 - Produção, Importação, Exportação e Consumo Aparente de Papel	8
Tabela 2.3 - Mão-de-Obra Empregada x Produção	11
Tabela 2.4 - Distribuição Percentual dos Investimentos em Fábricas de Papel e Celulose no Brasil - 1977	12
Tabela 2.5 - Distribuição dos Custos de Produção - 1980 .	13
Tabela 3.1 - Composição Média dos Diversos Tipos de Papel	14
Tabela 3.2 - Coeficientes Técnicos para Fabricação de Papel	15
Tabela 3.3 - Distribuição da Produção de Celulose de acordo com a Matéria-Prima Fibrosa - 1982	16
Tabela 3.4 - Fabricação de Celulose - Coeficientes Técnicos	17
Tabela 4.1 - Consumo de Vapor por Áreas de Produção	27
Tabela 4.2 - Consumo de Energia Elétrica na Indústria de Papel e Celulose	27
Tabela 4.3 - Evolução da Participação dos Setores Industriais no Consumo Energético	30
Tabela 4.4 - Consumo de Energia na Indústria de Papel e Celulose	31
Tabela 4.5 - Participação do Setor de Papel e Celulose no Consumo de Óleo Combustível na Indústria e no Total Nacional	33
Tabela 4.6 - Evolução do Consumo Específico de Óleo Combustível no Setor de Papel e Celulose	34
Tabela 4.7 - Distribuição do Consumo de Óleo Combustível por Serviço Energético na Produção de Papel e Celulose	35
Tabela 4.8 - Consumo Específico de Óleo Combustível por Serviços Energéticos	35
Tabela 4.9 - Evolução do Consumo de Biomassa	37

	Página
Tabela 4.10 - Participação do Setor de Papel e Celulose no Consumo de Carvão Mineral na Indústria e no Total Nacional	38
Tabela 4.11 - Consumo Energético de Carvão Mineral no Setor de Papel e Celulose	39
Tabela 4.12 - Participação do Setor de Papel e Celulose no Consumo de Energia Elétrica na Indústria e no Total Nacional	40
Tabela 4.13 - Consumo Total de Energia Elétrica do Setor.	42
Tabela 4.14 - Consumo de Energia Elétrica Gerada no Setor de Papel e Celulose	42
Tabela 4.15 - Evolução do Consumo de Óleo Diesel no Setor de Papel e Celulose	43
Tabela 4.16 - Consumo Específico dos Energéticos nos Diversos Subsetores - 1980	44
Tabela 4.17 - Participação dos Serviços no Consumo de Energia nos Subsetores da Indústria de Papel e Celulose - 1980	46
Tabela 5.1 - Metas de Redução do Consumo de Óleo Combustível na Indústria de Papel e Celulose	48
Tabela 5.2 - Evolução do Consumo Específico de Óleo Combustível	49
Tabela 5.3 - Participação dos Diversos Combustíveis no Total do Consumo de Energia na Indústria de Papel e Celulose	50
Tabela 5.4 - Distribuição das Empresas por Tipo de Combustível Consumido	51
Tabela 5.5 - Participação da Biomassa no Conteúdo Energético dos Diversos Subsetores	53
Tabela 5.6 - Distribuição das Empresas Segundo a Forma de Consumo da Biomassa Florestal - 1982	54
Tabela 5.7 - Investimentos para Substituição do Óleo Combustível por Biomassa	56
Tabela 5.8 - Balanço Anual de Custos e Demanda de Insumos na Substituição do Óleo Combustível da Lenha	58
Tabela 5.9 - Investimento por Tonelada de Óleo Combustível Substituída	60

	Página
Tabela 5.10 - Variação de R para Diferentes Valores de NSUB e INV	62
Tabela 5.11 - Comparação de Custos - Óleo Combustível x Carvão Mineral	63
Tabela 5.12 - Resumo do Investimento para Substituição do Óleo Combustível por Carvão Mineral na Geração de Vapor	64
Tabela 5.13 - Balanço Anual de Custo e Demanda de Combustível	65
Tabela 5.14 - Custo Comparativo - Óleo Combustível x Bagaço de Cana	67
Tabela 5.15 - Investimento para Substituição do Óleo Combustível por Bagaço de Cana	68
Tabela 5.16 - Resumo do Investimento para Substituição do Óleo Combustível por Energia Elétrica	71
Tabela 5.17 - Balanço Anual de Custos	71
Tabela 5.18 - Evolução da Participação dos Energéticos no Consumo dos Subsetores da Indústria de Papel e Celulose	74
Tabela 5.19 - Prazo do Retorno do Investimento	75
Tabela 6.1 - Taxas Previstas de Crescimento Anual do PIB	77
Tabela 6.2 - Projeção do Consumo por Tipos de Papel	80
Tabela 6.3 - Projeção do Consumo de Celulose	81
Tabela 6.4 - Evolução Previstas do Consumo de Energia e da Produção de Papel e Celulose - Cenário Conservador	82
Tabela 6.5 - Evolução Prevista de Consumo de Energia na Indústria de Papel e Celulose - Cenário de Substituição (Primeira Hipótese)	84
Tabela 6.6 - Evolução Prevista de Consumo de Energia na Indústria de Papel e Celulose - Cenário de Substituição (Segunda Hipótese)	86
Tabela 6.7 - Evolução Prevista de Consumo de Energia na Indústria de Papel e Celulose - Cenário de Substituição (Terceira Hipótese)	86
Tabela 6.8 - Participação dos Diversos Energéticos no Consumo de Energia Térmica do Setor de Papel e Celulose	87

ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

Maria de Fatima Salles Abreu Passos

1 - INTRODUÇÃO

A crise energética desencadeada no final dos anos 70 fez com que, no planejamento energético dos países importadores de petróleo, fossem incluídas medidas de substituição dos derivados desta fonte de energia e, também, de conservação de energia.

No Brasil, a preocupação maior do setor industrial foi com o consumo de óleo combustível. Os instrumentos usados pelo Governo para que as indústrias sentissem a necessidade de imediata adoção de medidas visando a recuperação do consumo de óleo combustível foram a fixação de quotas decrescentes de fornecimento de óleo a grandes consumidores, a rápida elevação de seu preço real e, também, como estímulo financeiro à criação do programa CONSERVE. A redução do consumo ocorreria tanto pela substituição dos combustíveis derivados de petróleo por outros de origem nacional como pela implantação de medidas de conservação.

Seguindo esta política governamental, o setor de papel e celulose, que em 1979 respondia por cerca de 9% do consumo de óleo combustível no setor industrial, assinou com entidades do Governo um Protocolo de Objetivos, que estabelecia metas de redução do consumo deste derivado no setor. A partir de então, tomaram maior impulso os processos de substituição, com a utilização de fontes energéticas alternativas, destacando-se entre elas a biomassa, que hoje já responde por mais de 50% do consumo energético do setor.

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise dos processos de conservação de energia e substituição do óleo combustível na indústria de papel e celulose, ressaltando-se os aspectos econômicos dos processos de substituição e procurando-se quantificar a demanda de energéticos do setor, tendo em vista sua nova estrutura de consumo.

No segundo capítulo são apresentados dados gerais do setor, tais como evolução da produção, importação e exportação. São também abordados, superficialmente, tópicos como mão-de-obra e custos de implantação e produção.

No terceiro capítulo é feita uma breve descrição dos processos de produção, acompanhada do levantamento dos coeficientes técnicos.

A evolução do consumo energético é apresentada no quarto capítulo, enquanto no quinto busca-se analisar o processo de substituição dos derivados de petróleo, dando-se maior destaque à biomassa florestal e procurando-se identificar os fatores que determinaram a adoção das fontes alternativas hoje em uso.

No sexto capítulo procurou-se fazer uma apreciação dos custos envolvidos na substituição do óleo combustível, através da apresentação de alguns projetos de substituição deste pelas diversas alternativas adotadas no setor, sendo que para a biomassa foi possível uma análise mais abrangente.

Finalmente, no sétimo capítulo são elaborados cenários de demanda energética para o setor, visando analisar a evolução do consumo de combustíveis na indústria de papel e celulose no período 1984/2000.

2 - PERFIL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE PAPEL E CELULOSE

O objetivo deste capítulo é descrever brevemente as características mais relevantes do setor de papel e celulose, bem como fornecer uma evolução histórica da indústria através da análise dos seguintes itens: produção, exportação, importação, concentração regional e empresarial, mão-de-obra e custos de implantação e de operação.

2.1 - Histórico e importância da indústria de papel e celulose no Brasil

A indústria de papel no Brasil surgiu na segunda metade do século passado, enquanto que as primeiras experiências para a produção de pasta de madeira¹ foram feitas somente em 1923, pela Cia. de Melhoramentos de São Paulo. Antes, todos os insumos para a fabricação de papel, matéria-prima e produtos químicos, eram importados.

Contudo, somente a partir de 1930 a indústria de papel começou a registrar progressos significativos. De 58 mil toneladas produzidas naquele ano, chegava-se às 93 mil toneladas em 1935 e 121 mil toneladas em 1940, sendo que no começo da década de 60 iniciaram-se as exportações de papel.²

Quanto à celulose, até 1959 a produção não era significativa. Entre 1960 e 1977, registra-se a fase de substituição das importações e a partir de 1977 tem-se a fase de penetração no mercado externo.³

Em face da atual conjuntura mundial, a indústria de papel e celulose reveste-se da maior importância, pois as vantagens comparativas apresentadas pelo Brasil em relação aos países desenvolvidos vêm de encontro às atuais necessidades sócio-econômicas do País.

São os seguintes os fatores que colocam o setor nesta posição:

- a) disponibilidade de áreas adequadas para reflorestamento;

¹As pastas de madeira, quando obtidas por processo químico ou semiquímico, são denominadas celulose, enquanto as obtidas por processo mecânico são denominadas pasta mecânica.

²Cf. Vida Industrial (1979).

³Pires (1980).

b) condições do solo e do clima brasileiros, que favorecem o cultivo de espécies adequadas à produção de celulose, tanto no que se refere ao rendimento como à velocidade de crescimento, tornando menores os custos de madeira;⁴

c) capacidade de geração de empregos, principalmente nos empreendimentos na área florestal;

d) disponibilidade de mão-de-obra, a custos mais baixos que nos países desenvolvidos;

e) disponibilidade de empresas de engenharia capacitadas e de indústrias de bens de capital em condições de fornecer quase que totalmente os equipamentos demandados na produção;

f) domínio da tecnologia de processo no setor, destacando-se o desenvolvimento de tecnologia própria para obtenção de celulose de madeira de eucalipto; e

g) condições de substituir, com relativa facilidade, derivados de petróleo, através da utilização de biomassa florestal, carvão mineral e outras fontes nacionais, em oposição às dificuldades no suprimento de energia nos tradicionais produtores de papel e celulose.

Estas características fazem com que a celulose e o papel produzidos no Brasil apresentem preços competitivos no mercado internacional, fato que, aliado às dificuldades que os países desenvolvidos enfrentam, exatamente por não disporem destas condições, torna o Brasil um grande exportador em potencial.

⁴ Em 1980, o custo da madeira por tonelada de celulose fibra curta no Brasil foi de US\$ 50-60, enquanto na Suécia chegou a US\$ 160-120 e na França a US\$ 250. Em relação ao rendimento, 1 ha de terras brasileiras equivale a cerca de 5 a 10 ha canadenses ou escandinavos. Cf. Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982a).

2.2 - Classificação das indústrias e produtos

As empresas do setor podem ser divididas em três categorias, a saber:

a) empresas produtoras de celulose - fabricantes exclusivos de celulose;

b) empresas integradas, subdivididas em duas subcategorias: integradas fibra longa - fabricantes de papel e celulose de fibra longa (coníferas) - e integradas fibra curta - fabricantes de papel e celulose de fibra curta (folhosas); e

c) empresas produtoras de papel - fabricantes exclusivos de papel.

A celulose, que pode ser branqueada ou não, é classificada de acordo com a matéria-prima utilizada em:

a) celulose fibra curta - produzida a partir de fibras com até 2,5 mm de comprimento; e

b) celulose fibra longa - produzida a partir de fibras com mais de 2,5 mm de comprimento.

Quanto aos diversos tipos de papel, estes podem ser agrupados em seis grandes categorias:

a) imprensa;

b) imprimir e escrever;

c) embalagens;

d) cartões e cartolinas;

e) sanitários; e

f) especiais.

2.3 - Evolução da produção, exportação e importação no setor de papel e celulose

A produção de celulose tornou-se significativa a partir da década de 60, apresentando taxas de crescimento positivas até 1981, ano em que houve um decréscimo de 1,67% na produção, como se pode observar na Tabela 2.1. Contudo, a produção total de celulose foi inferior ao consumo até o início dos anos 70. A partir de então, com o aumento constante da produção, exceto em 1981, a situação se inverteu.

A celulose fibra longa é responsável pelo total de importações de celulose, já que o Brasil é auto-suficiente em celulose fibra curta. Entretanto, a participação das importações no consumo de celulose tem diminuído significativamente nos últimos anos (Tabela 2.1).

As exportações de celulose iniciaram-se na década de 60 e são devidas quase totalmente às vendas de celulose fibra curta (as de celulose fibra longa são irrelevantes). Na Tabela 2.1 pode-se acompanhar a evolução da exportação, destacando-se que o aumento do volume exportado, a partir de 1978, deve-se à conclusão de novas unidades implantadas com vista ao mercado externo.

Também a produção de papel tomou grande impulso no início dos anos 60, apresentando taxa histórica de crescimento da produção em torno de 9% a.a. (Tabela 2.2). Considerando-se todos os tipos de papel, o consumo aparente foi superior à produção até o ano de 1980, sendo as categorias "imprensa periódica" e "imprimir e escrever" responsáveis pela maior parte das importações. Nos últimos anos, as importações desta última categoria decresceram, gerando, inclusive, excedente exportável. Quanto ao papel imprensa, as importações devem continuar aumentando até 1985, quando deverá entrar em operação nova unidade produtora, sem que, contudo, se elimine a necessidade de importação.⁵

⁵ Existe atualmente uma única fábrica de papel para imprensa periódica no Brasil, cuja produção corresponde, aproximadamente, a 33% do consumo.

TABELA 2.1

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO, IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E
CONSUMO APARENTE DE CELULOSE

(1.000 t)

ANO	PRODUÇÃO (A)	IMPORTAÇÃO (B)	EXPORTAÇÃO (C)	CONSUMO APARENTE (A) + (B) + (C)
1950	40,0	112,0	-	152,0
1955	73,2	100,2	-	173,4
1960	200,2	81,1	0,3	281,0
1965	370,1	5,9	17,5	338,5
1970	664,1	28,2	27,9	664,4
1971	721,5	68,9	22,4	768,0
1972	398,3	117,4	134,7	881,0
1973	971,7	118,5	189,0	901,2
1974	1.129,6	163,0	133,3	1.159,3
1975	1.189,6	80,5	151,9	1.118,2
1976	1.253,8	55,6	138,8	1.170,6
1977	1.502,3	48,1	92,9	1.457,5
1978	1.814,0	62,4	266,0	1.610,4
1979	2.447,8	58,7	578,6	1.927,9
1980	2.872,6	52,7	887,7	2.037,6
1981	2.824,7	21,2	952,9	1.864,0
1982	2.894,7	18,1	877,9	2.034,9
1983	3.018,4	ND	972,4	ND

FONTES: Anexos 1 e 2.

As exportações de papel, iniciadas em 1960, tomaram maior impulso nos últimos anos, sendo a categoria "imprimir e escrever" responsável, em média, por 66% das exportações, aparecendo em segundo as categorias "embalagem" e "especiais" (Anexo 5).

2.4 - Concentração regional e empresarial

A maior parte da produção de celulose concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo. Contudo, a participação deste Estado, que já foi superior a 50%, vem crescendo a partir da implantação de grandes unidades que produzem apenas celulose (1979). Com isto, nota-se uma desconcentração regional, aumentando significativamente a participação dos Estados de Minas Gerais, Pará e Espírito Santo (Anexo 6).

Considerando-se separadamente a produção de celulose fibra longa e fibra curta, observa-se que a primeira está concentrada na região Sul, que responde por mais de 80% da produção. Quanto ao restante da produção, merecem destaque os Estados do Pará, de São Paulo e da Bahia, com participações aproximadas de 6,5 e 4%, respectivamente. A produção de fibra curta está concentrada na região Sudeste (79%), nos Estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais (44, 20 e 15%, respectivamente). Também as regiões Norte e Sul possuem participação significativa, representadas pelo Pará (8%) e Rio Grande do Sul (7%)

A produção de papel é ainda mais concentrada, não existindo sinais de modificação nesta estrutura, uma vez que os grandes projetos implantados nos últimos anos são empresas não-integradas de celulose. A tendência é o aumento de produção nas integradas já existentes. Observa-se a grande participação das regiões Sudeste e Sul, com participação de São Paulo, em níveis sempre superiores a 50% (Anexo 7).

Cabe ressaltar, também, a existência de grande concentração empresarial na produção de celulose. Em 1982, quatro unidades industriais respondiam por 47% da produção total e, das 45 produtoras de celulose, 10 unidades concentravam 87% da produção.

Quanto à concentração empresarial na produção de papel, esta já não é tão intensa como na produção de celulose. Contudo, em 1982, 14 unidades respondiam por 54,27% da produção total, destacando-se a participação individual da Indústria Klabin do Paraná, com 11,5%.

2.5 - Mão-de-obra

As unidades industriais do setor de papel e celulose são pouco absorvedoras de mão-de-obra. Entretanto, o setor caracteriza-se como razoável gerador de empregos indiretos nas atividades florestais que lhe dão suporte, sendo estimadas as seguintes relações na geração de empregos em atividades florestais: florestamento - 1 emprego/7 ha e exploração - 1 emprego/15 ha.⁶

A Tabela 2.3 apresenta a média mensal de mão-de-obra empregada no setor, excluída a área florestal. Observa-se o crescimento da participação do setor de manutenção, o que pode ser consequência das medidas de conservação energéticas adotadas no setor, exigindo maior controle de produção. Destaca-se, também, o decréscimo da demanda de mão-de-obra por tonelada produzida.

2.6 - Custos de implantação e operação

Os empreendimentos no setor de papel e celulose são intensivos em capital, principalmente pela necessidade de elevados investimentos em equipamentos e infra-estrutura. Em especial a instalação de unidades produtoras de celulose, pois, em decorrência da necessidade de sua localização próxima às florestas, muitas vezes toda uma estrutura sócio-comunitária se faz necessária.

Em 1979, os recursos para instalação de unidades produtoras de papel e celulose eram estimados em US\$ 350.000/390.000 e US\$ 180.000/200.000 por tonelada/dia de capacidade instalada, respectivamente.⁷ No caso de expansões, os custos seriam significativa

⁶Cf. Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982a).

⁷Cf. Confederação Nacional da Indústria (1980).

TABELA 2.3

MÃO-DE-OBRA EMPREGADA X PRODUÇÃO

ANOS	SETORES						TOTAL (A)	PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL (t) (B)	HOMENS/t MENSAL (A) / (B)
	Administração		Fabricação		Manutenção e Ser- viços Auxiliares				
	Homens/ Mês	%	Homens/ Mês	%	Homens/ Mês	%			
1978	12.720	20	36.332	57	14.948	23	64.000	362.367	0,176
1979	13.645	20	39.530	56	16.938	24	70.113	452.250	0,155
1980	15.347	20	41.836	55	19.142	25	76.325	519.533	0,147
1981	14.838	21	36.941	52	19.077	27	70.856	491.534	0,144
1982	14.463	21	37.955	54	17.964	25	70.382	518.611	0,137
1983*	13.890	20	38.200	55	17.364	25	69.454	537.041	0,129

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980b e 1981b).

* As participações dos setores foram estimadas.

mente mais baixos, em especial pelo aproveitamento das obras de infra-estrutura já existentes. Devido à dificuldade de obtenção de informações desta natureza, serão apresentados aqui dados constantes de trabalhos antigos (1977), para que se possa ter uma idéia da estrutura dos investimentos no setor. É provável que os itens "equipamentos nacionais" e "encargos financeiros" tenham, atualmente, maior participação, devido ao maior índice de nacionalização (90 a 95%) e ao alto custo dos recursos financeiros.

TABELA 2.4

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS INVESTIMENTOS EM
FÁBRICAS DE PAPEL E CELULOSE NO BRASIL - 1977

ITENS DE INVESTIMENTO	CELULOSE	PAPEL
Terreno e Obras Preliminares	7	2
Construções Civis	14	15
Equipamentos Nacionais*	34	42
Equipamentos Estrangeiros	9	7
Montagens	10	4
Engenharia	7	3
Administração	6	3
Pré-Operação	3	4
Eventuais	4	5
TOTAL DO INVESTIMENTO FIXO	94	85
Encargos Financeiros	5	5
Capital de Giro	1	10
INVESTIMENTO TOTAL	100	100

FONTE: BNDES/DEINQ - Estudos Setoriais - Papel e Celulose.

* Índice de nacionalização do equipamento: celulose - 80%; papel - 85%.

Quanto aos custos de produção, os itens que respondem pela maior parcela dos custos são os de mão-de-obra, matérias-primas diretas, gastos diretos (que incluem despesas com energia) e gastos indiretos (tais como depreciação, manutenção, etc.). Estas informações referem-se a determinadas empresas do setor, devendo, portanto, ser analisadas com cautela.

Ressalta-se que a diferença nos itens mão-de-obra e encargos sociais existente entre as produtoras de papel e celulose deve-se à inclusão, nestas últimas, das despesas na área florestal (Tabela 2.5).

TABELA 2.5
DISTRIBUIÇÃO DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO - 1980

ITENS	CELULOSE			PAPEL		
	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Mão-de-Obra e encargos sociais	24,2	20,89	20,21	8,07	11,27	7,64
Matérias-primas diretas	39,59	38,69	34,83	54,38	58,60	65,33
Materiais e componentes diretos	1,34	0,72	-	1,38	0,85	1,73
Gastos diretos de fabricação	10,30	17,56	9,84	7,83	7,49	7,95
Encargos de terceiros indiretos	-	-	1,40	-	1,54	-
Gastos indiretos de fabricação	12,32	17,90	11,28	10,44	12,01	12,86
Despesas administrativas	5,72	2,88	3,50	8,01	4,83	3,41
Despesas comerciais	0,12	0,31	0,61	0,05	0,57	0,34
Custo total sem despesas financeiras	93,41	98,65	82,05	90,16	97,16	99,26
Despesas financeiras	6,59	1,35	17,95	9,84	2,84	0,74
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

FONTE: Informações obtidas junto ao CDI.

3 - INSUMOS E PROCESSOS PARA FABRICAÇÃO DE PAPEL CELULOSE3.1 - Insumos

Na fabricação de papel, as principais matérias-primas são a celulose, a pasta mecânica e aparas que aparecem em sua composição com participação variada de acordo com o tipo de papel. Na Tabela 3.1 é apresentada a composição média dos principais tipos de papel, destacando-se a grande participação da pasta mecânica na composição do papel de imprensa.

TABELA 3.1
COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS DIVERSOS TIPOS DE PAPEL

(Em %)

TIPO DE PAPEL	PASTA QUÍMICA E SEMIQUÍMICA		PASTA MECÂNICA	APARAS
	Fibra Longa	Fibra Curta		
Imprensa	20	-	80	-
Imprimir e Escrever	5	85	5	5
Embalagens	40,4	19	-	40,6
Sanitários	10	20	30	40
Cartões e Cartolinas	25	25	20	30
Especiais	30	20	-	50

FONTE: José Carlos Leone e Associados - Consultores Industriais (1968).

Além da matéria-prima básica, aparecem na composição do papel os insumos químicos, tais como cola, caolim, tintas, antiespumantes, etc., e os insumos energéticos. A quantificação da necessidade desses insumos fica um pouco difícil devido à variedade de tipos de papel. Contudo, a título de ilustração, a tabela a seguir relaciona os coeficientes para fabricação de papel para escrever e imprimir.

TABELA 3.2

COEFICIENTES TÉCNICOS PARA FABRICAÇÃO DE PAPEL

INSUMOS	QUANTIDADE POR TONELADA DE PAPEL
Celulose	900 a 350kg
Aparas	50 a 100kg
Sulfato de Alumínio (para tratamento d'água)	80 a 150kg
Cola	5 a 25kg
Caolim	50 a 100kg
Fungicidas	10 a 100g
Antiespumantes	150 a 250g
Dispersantes	20 a 50g
Vapor	3 a 5t
Energia Elétrica	450 a 600Mwh

FONTE: Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (1977).

Ressalta-se que a utilização destes insumos, principalmente os dois últimos, depende da eficiência de cada unidade industrial e também do tipo de papel que se fabrica.

Quanto à celulose, a diversificação ocorre tanto em função da matéria-prima utilizada (fibra longa ou curta) como também do processo de fabricação, os quais serão relatados posteriormente. As fibras, de maneira geral, são classificadas em fibra curta, medindo até 2,5mm de comprimento, e em fibra longa, de comprimento superior.

No Brasil, a celulose fibra curta é obtida principalmente do eucalipto, sendo também utilizadas fibras de outras folhosas, tais como gmelínia, acácia-negra e cana-de-açúcar (bagaço de cana). A celulose de fibra longa é obtida principalmente a partir de coníferas, utilizando-se outras em menor escala, quais sejam: sisal, bambu, línter de algodão e linho. Na Tabela 3.3 é apresentada a distribuição da produção de celulose de acordo com a matéria-prima utilizada.

A celulose fibra curta é utilizada principalmente na produção de papéis de imprimir e escrever, onde pode participar com até 100% do material fibroso. Destaca-se também a participação desta na composição de papéis do tipo cartões e cartolinas e papéis para fins sanitários, onde responde por até 70 e 60%, respectivamente. Já a fibra longa aparece principalmente na produção de papel de embalagem e de imprensa.

TABELA 3.3
DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE CELULOSE DE ACORDO
COM A MATÉRIA-PRIMA FIBROSA - 1982

TIPOS DE FIBRA	PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO TOTAL (%)	MATÉRIA-PRIMA	PARTICIPAÇÃO NO TIPO DE FIBRA (%)
Fibra Curta	72	Eucalipto	85
		Gmelínia	8
		Babaçu	1
		Bagaço de Cana	2
		Eucalipto e Lati-fólios	3
		Acácia	1
Fibra Longa	28	Pinheiro	92
		Sisal	3
		Bambu	4
		Palha de Linhaça e Linters	1

FONTE: Elaboração própria a partir de dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

Fazendo-se novamente, em relação à celulose, a ressalva de que a quantificação dos insumos necessários à produção varia muito em função do processo, matéria-prima e eficiência da indústria considerada, segue-se a Tabela 3.4 com os coeficientes técnicos

para fabricação de celulose. Estes índices referem-se à produção de celulose fibra curta branqueada¹ de eucalipto. ✓

TABELA 3.4
FABRICAÇÃO DE CELULOSE - COEFICIENTES TÉCNICOS

INSUMOS	QUANTIDADE POR TONELADA DE CELULOSE
Madeira de Eucalipto	5 a 6 est.* sem casca
Hidróxido de Sódio	40 a 70kg
Sulfato de Sódio	30 a 70kg
Enxofre	10 a 30kg
Cal (caustificação)	200 a 300kg
Cal (tratamento d'água)	5 a 15kg
Cloro	40 a 80kg
Hidróxido de Sódio	20 a 40kg
Dióxido de Cloro	10 a 30kg
Sulfato de Alumínio	10 a 30kg
Água	150 a 300kg
Vapor	4 a 6t
Energia Elétrica	350 a 550Mwh

FONTE: Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico (1977).

* Medida de volume para lenha, equivalente a um metro cúbico.

3.2 - Processo de produção

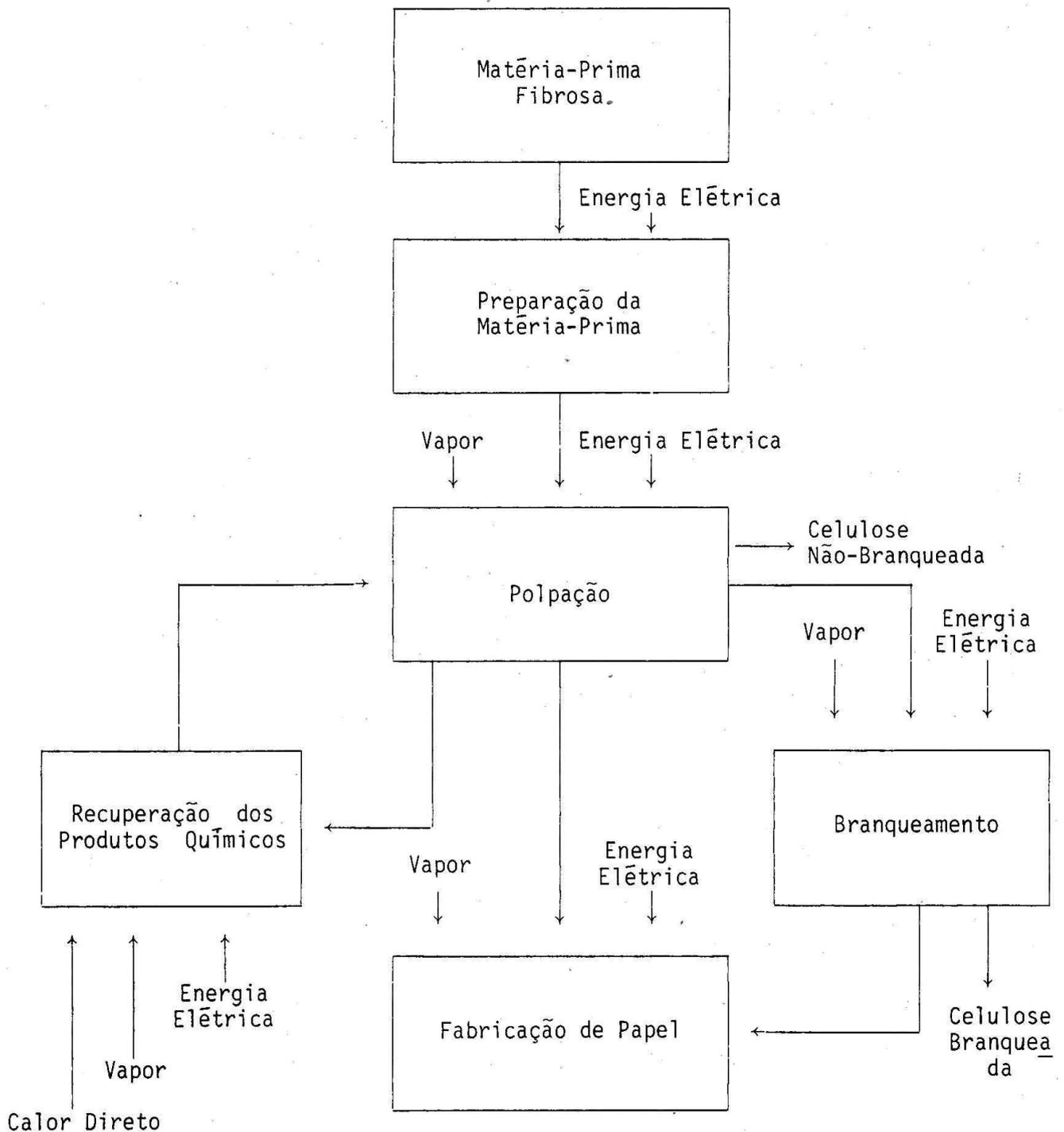
3.2.1 - Etapas do processo produtivo

As principais etapas do processo de produção de uma fábrica integrada (produtora de papel e celulose) e os insumos energéticos utilizados em cada uma podem ser vistos na Figura 3.1 a seguir.

¹ A celulose é considerada branqueada quando seu grau de alvura é superior a 80° GE, não-branqueada quando inferior a 60° GE e semibranqueada na faixa de 60° a 80° GE. O grau GE é a unidade mais utilizada internacionalmente para medir a alvura da celulose. ✓

FIGURA 3.1

INDÚSTRIA INTEGRADA DE PAPEL E CELULOSE



Uma breve descrição de cada uma das etapas é apresentada em seguida, observando-se que, no caso de uma unidade produtora apenas de celulose, branqueada ou não, encerra-se o processo produtivo na etapa de branqueamento ou polpação, respectivamente. Em se tratando de produtora somente de papel, a matéria-prima - celulose seca - é recebida e procede-se à etapa de "fabricação de papel" descrita mais adiante.

Preparação da matéria-prima²

A preparação consiste no descascamento e lavagem das toras de madeira, que em seguida são picadas em tamanhos adequados à polpação. Os finos e lascas são separados³ e os cavacos armazenados. Nesta fase, a energia elétrica é o único insumo energético requerido.

Cozimento ou Polpação

Nesta etapa os cavacos de madeira são convertidos em polpa. O cozimento tem por finalidade dissolver a maior parte das substâncias não-celulósicas da madeira.⁴ A operação consiste em colocar os cavacos em autoclaves, chamadas digestores, onde são tratados com licor de cozimento (licor branco) sob pressão e temperatura elevadas, isto é, 7 a 8kg/cm² e 180°C, respectivamente.

²O processo aqui descrito refere-se à produção, tendo madeira como matéria-prima. Esta etapa varia de acordo com o tipo de material fibroso utilizado na produção de polpa.

³Geralmente estes resíduos do processo são aproveitados como combustíveis em caldeiras auxiliares (ver Cap. 4).

⁴Os principais componentes da madeira são: celulose - 50%; hemicelulose - 17 a 22%; e lignina - 22 a 28%. Estas quantidades variam de acordo com o fato de a madeira ser provenientes de folhosas ou coníferas. As folhosas apresentam maiores quantidades de hemicelulose e as coníferas de lignina. Esta última é a substância que faz a ligação entre as fibras, ocupando o espaço intercelular.

Os reagentes químicos do licor variam de acordo com o processo (ver Subseção 3.2.2), sendo que no processo sulfato, mais utilizado, os principais são hidróxidos de sódio (soda cáustica) e sulfato de sódio. Durante o cozimento, que no processo citado varia entre duas a quatro horas, o licor branco reage com os compostos não fibrosos da madeira, principalmente a lignina, convertendo-os em substâncias solúveis. Depois do cozimento, o material resultante é descarregado no blow tank,⁵ à pressão atmosférica. A redução brusca de pressão provoca a desintegração dos cavacos cozidos e a formação de vapor, que é utilizado para aquecimento da água de processo.

A massa assim obtida é dissolvida com licor negro fraco e conduzida aos separadores de nós, onde o material que ficou mal cozido é eliminado. A massa é lavada em filtros difusores, obtendo-se, então, desta etapa, o licor negro fraco e a polpa lavada, que é conduzida depois para os separadores a fim de remover os palitos. A polpa poderá ser branqueada ou não. Depois, em se tratando de indústria integrada, será levada diretamente à máquina de papel e, caso contrário, secada e estocada. Uma parte do licor negro fraco é armazenada em tanques e a outra é utilizada no blow tank.

Destaca-se o grande consumo de vapor nesta etapa do processo de fabricação: cerca de 16% do consumo total.

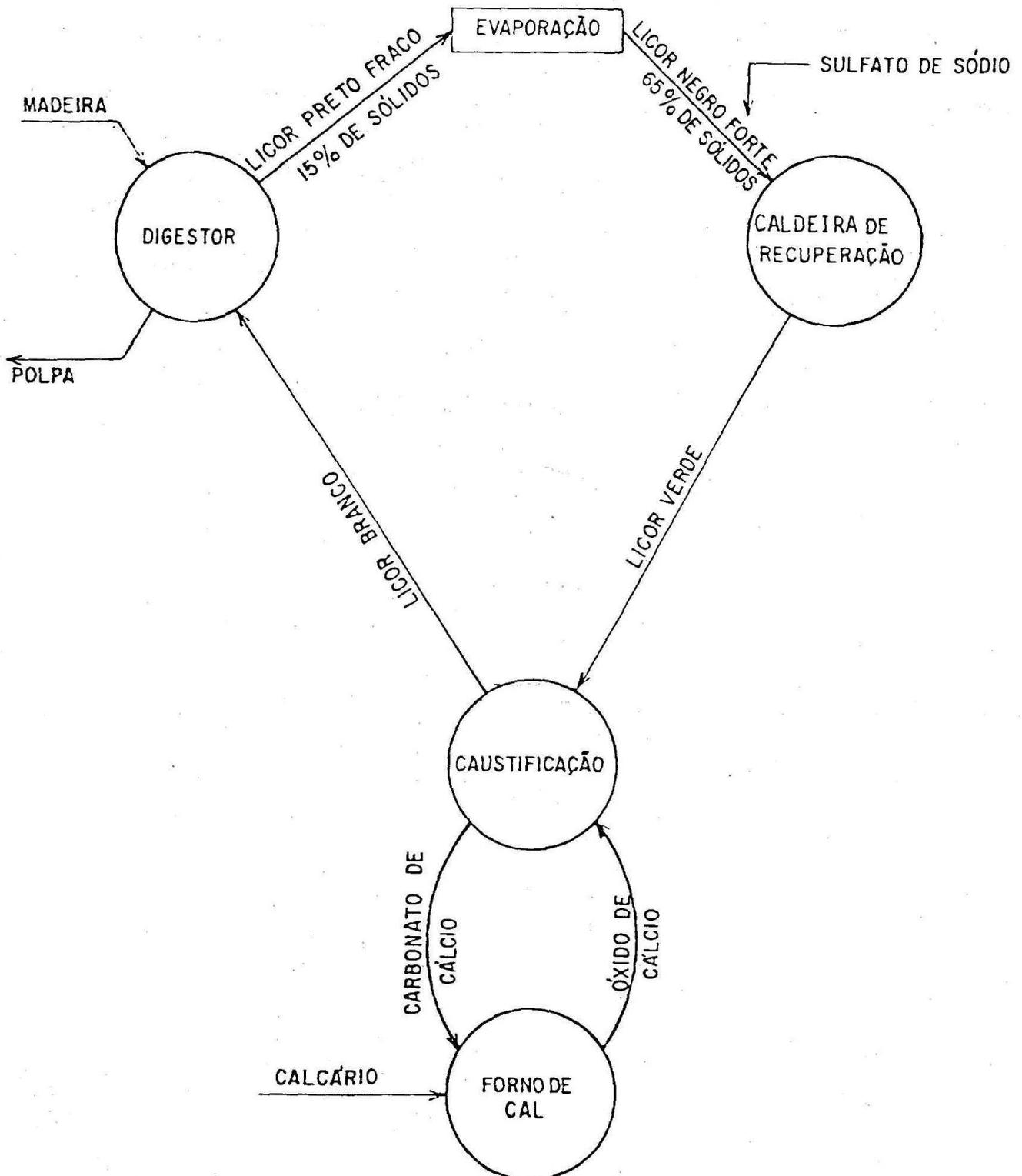
Recuperação

O licor negro fraco resultante do cozimento, é submetido a uma série de tratamentos para recuperar os reagentes químicos, com rendimento aproximado de 95%, o que possibilita o seu reaproveitamento no processo, minimizando os custos de produção. Além disto, a recuperação permite evitar a poluição hídrica, que ocorreria ca

⁵O blow tank é o recipiente destinado a receber a carga dos digestores. Apresenta um agitador na parte inferior para misturar a massa com o licor resultante da diluição, agora chamado licor negro.

FIGURA 3.2

FLUXOGRAMA DA ETAPA DE RECUPERAÇÃO



so o licor negro fosse descartado, e aproveitar como combustível os compostos orgânicos da madeira nele contidos.

O aproveitamento energético do licor negro é consequência de sua queima em uma caldeira, gerando vapor que é utilizado no processo e para geração de energia elétrica. Para isto, o licor é tratado em evaporadores de múltiplo efeito, até concentrações de 40 a 50% de sólidos, pois ele inicialmente possui teores sólidos da ordem de apenas 15%. Em seguida, ele é concentrado até 65% de sólidos, aproximadamente, em evaporadores de contato direto. Ao licor negro forte resultante é adicionado sulfato de sódio, completando a preparação para a queima na caldeira de recuperação.

Depois que os compostos orgânicos da madeira contidos no licor preto queimam, os reagentes químicos caem no fundo da caldeira, sob a forma de massa fundida, contendo sais de sódio, que dissolvidos em água (ou licor branco fraco resultante da caustificação) dão origem ao licor verde. Este é armazenado em tanques onde é feita a separação dos resíduos sólidos. A seguir é adicionada cal ao licor, encaminhando-o ao tanque de caustificação e depois aos decantadores, onde é feita a separação das fases sólida e líquida resultantes. A fase líquida - solução aquosa de hidróxido e sulfato de sódio - é bombeada para o tanque de licor branco. A fase sólida, contendo principalmente carbonato de cálcio, é enviada aos lavadores, e daí a água de lavagem - licor branco fraco - é utilizada para dissolução dos fundidos da caldeira de recuperação. O carbonato de cálcio é enviado ao forno rotativo - forno de cal - para obtenção de óxido de cálcio usado na caustificação.

Na etapa de recuperação, a evaporação é responsável por grande parte do consumo de vapor: aproximadamente 30%.

Branqueamento da celulose

O branqueamento é uma etapa que tem por finalidade a remoção da lignina residual da polpa proveniente da lavagem e a destruição e solubilização dos materiais coloridos.

Consiste em cloração (em um ou dois estágios), para degradação da lignina seguida de um estágio alcalino para neutralização e dissolução dos produtos degradados e finalmente de um ou mais estágios de oxidação intercalados com extração alcalina.

O consumo de vapor nesta etapa é cerca de 17% do consumo total.

Fabricação de papel

A fabricação do papel apresenta as seguintes etapas: preparação da massa, formação da folha, secagem e acabamento.

Inicialmente, a fibra recebe um tratamento mecânico, visando a preparação da massa; em seguida, é feita a refinação, a fim de melhorar as ligações entre fibras, garantindo maior resistência do papel; depois da refinação, é feita a adição de compostos químicos à massa; em seguida, esta recebe outro tratamento mecânico, que irá garantir o grau de refinação desejado; daí, a massa é enviada aos separadores centrífugos para eliminação das impurezas e, a seguir, para a máquina de papel, onde se inicia a produção propriamente dita.

A formação da folha se dá através da deposição da massa sobre a tela na mesa formadora, onde a água é retirada por processos mecânicos de drenagem e sucção. Daí, a folha, já formada, atravessa um sistema de prensas, o qual retira a água excedente da folha.

Após as prensas, a folha de papel é secada em contato com cilindros aquecidos e, finalmente, bobinada. O papel pode sofrer tratamentos superficiais, como, por exemplo, passagem por rolos especiais, aplicação superficial de produtos químicos ou calandragem, os quais serão feitos durante ou após a secagem. A secagem é responsável por cerca de 22% do consumo total de vapor.

3.2.2 - Tipos de processos

Os processos para fabricação de celulose e pastas para papel são classificados de acordo com o método utilizado na formação da polpa. Assim, são três os principais processos: mecânico, químico e semiquímico. Adota-se ainda uma subclassificação para os dois últimos processos de acordo com o produto químico utilizado no cozimento.

Processo mecânico

Este processo dá origem à chamada pasta mecânica e promove a redução da matéria-prima ao estado fibroso por ação mecânica.⁶ As toras de madeira são enviadas ao desfibrador, que separa as fibras da madeira através do efeito abrasivo de um cilindro rotativo.⁷ A pasta obtida é depurada e refinada. Após o refino, a pasta passa por engrossadores que aumentam a sua consistência, sendo então alvejada ou não, prensada e secada. A pasta obtida por este processo inclui a lignina, daí apresentando rendimento em massa de 95%. Trata-se de processo em que se utiliza essencialmente energia mecânica, apresentando um consumo de energia elétrica de aproximadamente 1.600 Kwh/t de pasta.

Processo químico

Neste processo de produção de celulose, o cozimento da matéria-prima ocorre em presença de reagentes químicos que agem seletivamente, removendo a lignina e outras substâncias da matéria-

⁶Cabe ressaltar a existência de variações no processo de produção de pasta mecânica, tais como o aquecimento dos cavacos de madeira na fase de desfibramento, resultando na pasta termo-mecânica, o tratamento químico dos cavacos, resultando na pasta mecano-química, e, associando estas duas variantes, a pasta químico-termo-mecânica.

⁷Peças fundidas de concreto contendo carbureto de silício, quartzo e bauxita em granulação apropriada para o tipo de pasta e madeira a ser processada. Existem também rebolos, como são chamados, de material cerâmico, mais caros e duráveis que os de concreto.

prima, liberando e purificando as fibras. O rendimento do processo é bastante inferior ao mecânico, variando entre 35 a 50%.

De acordo com o produto químico usado, o processo recebe as seguintes denominações: a) à soda; b) ao sulfato; c) ao sulfito; e d) outros. O processo ao sulfato ou kraft é o mais importante e mais difundido devido à sua simplicidade, rapidez e versatilidade de quanto às matérias-primas e possibilidade de maior economia na etapa de recuperação, tendo respondido, em 1982, por 90% da produção nacional de pasta química. Sob o ponto de vista energético ele é, também, o mais vantajoso, pois a queima da lixívia do processo em caldeiras fornece cerca de 60% das necessidades de vapor das indústrias produtoras de celulose.

Processo semiquímico

As pastas semiquímicas são obtidas em duas fases de processamento. Inicialmente, a madeira sofre um tratamento químico, semelhante ao usado na produção de pasta química, que enfraquece a ligação natural entre as fibras. Em seguida, por ação mecânica reduz-se a matéria-prima ao estado fibroso, como na pasta mecânica. O rendimento em massa deste processo varia de 65 a 95%.

De modo similar à pasta química, as pastas semiquímicas classificam-se, de acordo com o produto químico utilizado, como: a) à soda; b) ao sulfato; c) à cal; e d) ao sulfito neutro. Também o processo ao sulfato é o mais utilizado, sendo responsável, em 1982, por 60% da produção de pasta semiquímica no País.

4 - DEMANDA ENERGÉTICA DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

4.1 - Introdução

No setor de papel e celulose o consumo de energia ocorre basicamente para geração de vapor, onde se verifica grande consumo de derivados de petróleo, e movimentação das máquinas com energia elétrica.

No processo químico de fabricação de celulose, as etapas de cozimento e secagem são as principais operações que necessitam de vapor. A primeira consome grandes quantidades de vapor, pois, além de requerer temperaturas que variam entre 160°C e 180°C, o tempo de permanência da madeira no digestor é grande, variando duas a cinco horas para o processo kraft e de seis a doze para o processo sulfito. Na produção de celulose semiquímica a quantidade de vapor utilizado é menor que a anterior, pois a digestão se faz de maneira mais branda. A produção de pasta mecânica, por sua vez, não envolve gasto substancial de energia térmica.

A secagem é a operação que mais consome vapor na fabricação do papel, sendo também realizada na produção de celulose quando esta é destinada à venda a terceiros. A secagem do papel e da celulose, devido aos seus altos teores de umidade, é uma operação que requer grandes quantidades de energia térmica. Os secadores geralmente são do tipo de calandras, isto é, secadores com cilindros rotativos que aliam a prensagem ao aquecimento. Os cilindros são aquecidos internamente com o uso do vapor.

Outra operação que também utiliza quantidades significativas de vapor é a evaporação na etapa de recuperação, efetuada por indústrias produtoras de celulose para reciclar os produtos químicos utilizados no cozimento.⁸

A Tabela 4.1 apresenta a participação das diferentes áreas de produção no consumo de vapor para uma amostra de três empresas do setor. As empresas 1 e 2 são produtoras de celulose fibra curta branqueada que fazem recuperação dos resíduos de processo. A empresa 3 é integrada produtora de celulose fibra branqueada e não-branqueada de vários tipos de papel.

⁸ Observa-se que nem todas as unidades produtoras de celulose realizam a etapa de recuperação, uma vez que esta só é economicamente viável para escalas de produção de no mínimo 250 t/dia.

TABELA 4.1
CONSUMO DE VAPOR POR ÁREAS DE PRODUÇÃO

ÁREAS	CONSUMO DE VAPOR (%)		
	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Digestão	15	15	17
Branqueamento	5	21	17
Secagem	26	22	19
Evaporação	31	28	25
Outros	23	14	22

FONTE: Informações obtidas junto ao BNDES.

A grande diferença no consumo de vapor no branqueamento observada entre a empresa 1 e as demais é devida à recuperação de calor de processo naquela, possibilitando que na etapa de branqueamento seja utilizado calor residual das demais etapas.⁹

A energia elétrica, utilizada para geração de força motriz, não é fornecida somente pelas concessionárias, uma vez que aproximadamente 42% da eletricidade consumida no setor provém de geração própria, como pode ser visto na Tabela 4.2.

TABELA 4.2
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

ORIGEM	1981		1982	
	Mwh	%	Mwh	%
Comprada	2 540 173	57,5	2 688 376	58,2
Gerada	1 879 800	42,5	1 931 039	41,8
TOTAL	4 419 973	100,0	4 619 415	100,0

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

⁹ A instalação da empresa 1 coincide com o início da crise energética, fazendo com que em seu planejamento fossem consideradas novas fontes energéticas e a otimização das instalações.

A autogeração de energia elétrica no setor de papel e celulose é favorecida principalmente devido à grande necessidade de vapor de processo à baixa pressão, o que propicia o uso de turbinas de compressão, que aproveitam a diferença de entalpia do vapor gerado em caldeiras de recuperação e o vapor consumido nos processos térmicos da fábrica. Em função das condições de processo, pode-se obter diferentes níveis de autogeração de energia.

As fábricas de celulose química com recuperação de resíduos são as que potencialmente melhor se prestam à autogeração. Neste caso, estas fábricas utilizam-se de materiais orgânicos - lixívia negra - contidos nos resíduos, tendo assim amenizado o consumo de óleo combustível.

As fábricas de celulose sem recuperação dos resíduos geram a energia elétrica necessária a partir de outros combustíveis. A produção de celulose semiquímica com recuperação dos resíduos de processo é um caso intermediário, onde o combustível resultante do processo não é suficiente, requerendo complementação de outras fontes energéticas, tais como óleo combustível, biomassa e carvão mineral.

Finalmente, a autogeração por contrapressão em unidades produtoras de pasta mecânica é tecnicamente inviável. Na produção de celulose semiquímica sem recuperação dos resíduos, ou papel, ela é economicamente inviável em virtude do desbalanceamento energético típico do processo de fabricação. Assim, estas fábricas devem suprir suas necessidades de energia mecânica através da aquisição de energia elétrica das concessionárias locais.

Além do vapor, o setor consome também, em menor escala, calor direto. Este consumo se dá no forno de cal, na etapa de recuperação, e portanto, não é comum a todas as indústrias, podendo ser responsável por cerca de 5 a 7% do consumo energético da fábrica. É também utilizado na secagem de papel para fins sanitários e de celulose em algumas unidades industriais.

Portanto, os equipamentos consumidores de energia na indústria papeleira são as caldeiras, de recuperação e auxiliar, e o forno de cal. Apesar de a caldeira de recuperação suprir cerca de 60% das necessidades de vapor de processo, a função desta é recuperar os produtos químicos e não gerar vapor, sendo este um produto secundário. Já a caldeira auxiliar tem como objetivo a geração de vapor, que complementa as necessidades não supridas pela caldeira de recuperação ou, no caso de a indústria não dispor desta última, gera a demanda total da fábrica.

4.2 - Evolução do consumo de energia no setor

Na produção de celulose e papel o principal demandante de energia é a geração de vapor, sendo que o óleo combustível tem sido responsável, em média, nos últimos 10 anos, por 73% do consumo energético.

O setor de papel e celulose responde por cerca de 6% do consumo de energia no setor industrial, como pode ser visto na Tabela 4.3. Nesta participação, o óleo combustível, conforme já foi mencionado, tem maior peso, apesar de outras fontes energéticas como lenha, carvão mineral, óleo diesel e energia elétrica serem também utilizadas.

A posição do óleo combustível como principal fonte energética do setor tende a ser alterada, pois com a redução do seu fornecimento em 10% pelo Conselho Nacional do Petróleo (1979)¹⁰ e a elevação do seu preço a partir de 1980 o setor partiu em busca de fontes alternativas nacionais, o que fez com que a lenha passasse a ter maior participação no consumo energético do setor. Na Tabela 4.4 tem-se uma retrospectiva do consumo de energia na indústria de papel e celulose no período 1979/83.

¹⁰ Portaria do CNP/DIRAB 101/79, de 20 de março de 1979.

TABELA 4.3

EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS SETORES INDUSTRIAIS NO CONSUMO ENERGÉTICO

SETORES	(Em %)										
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Cimento	7,6	7,7	7,7	7,8	7,6	7,7	7,1	6,9	7,4	7,3	5,6
Ferro Gusa e Aço	18,1	19,6	21,4	19,9	20,0	19,4	20,6	20,3	19,3	19,4	20,8
Ferro Liga	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	2,1	2,4	2,8	2,8
Mineração/Pelotização	3,2	3,4	3,6	3,5	3,8	4,4	4,4	4,7	5,0	4,9	4,8
Não-Ferrosos/Outros Metais	6,8	6,4	6,8	6,9	7,2	7,3	8,1	7,8	7,3	7,7	8,8
Química	9,3	9,4	9,3	9,4	10,1	10,3	11,5	11,5	11,0	10,7	11,6
Alimentos e Bebidas	23,6	22,4	20,6	20,3	20,9	19,1	17,2	17,5	19,1	18,7	18,7
Têxtil	5,3	5,2	5,2	4,9	4,6	4,4	4,4	4,3	4,3	4,5	3,8
PAPEL E CELULOSE	5,2	5,2	5,3	6,6	6,3	5,8	5,8	5,6	6,0	6,1	5,9
Cerâmica	5,6	5,6	5,3	5,6	5,3	5,0	5,0	5,1	5,4	5,0	5,3
Outros	14,0	13,7	13,3	13,6	12,8	15,0	14,3	14,2	12,8	12,9	11,9
TOTAL INDUSTRIAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

FONTE: Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

TABELA 4.4

CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

DERIVADOS DE PETRÓLEO

ENERGÉTICO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Óleo Combustível (t)	934.645	1.015.430	1.162.551	1.216.886	1.179.678	941.318	844.900	613.298
Óleo Diesel + Querosene (m³)	23.158	28.275	39.227	17.300	16.813	16.000	21.000	23.000
Subtotal de Derivados de Petróleo (GCAL)	9.920.359	11.179.524	12.432.941	12.758.807	12.398.726	9.932.543	8.974.525	6.583.914

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

ENERGÉTICO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Lenha (m³)	1.217.196	1.345.101	1.347.009	2.106.862	3.089.113	4.810.714	5.935.714	7.907.142
Carvão Mineral (t)	149.210	146.410	155.322	142.091	158.671	145.000	150.000	222.000
Outros (GCAL)	9.657.370	9.479.074	10.621.651	10.525.229	13.132.706	12.715.769	12.552.442	13.999.258
Subtotal de Combustíveis Alternativos	11.719.920	11.647.485	11.913.432	13.398.255	17.047.191	17.981.743	18.919.791	22.581.207

ENERGIA ELÉTRICA

ENERGÉTICO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Energia Elétrica (GWh)	3.234	3.621	3.864	4.469	5.089	5.059	5.124	5.550

CONSUMO TOTAL DE ENERGIA

ENERGÉTICO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Consumo Total (GCAL)	24.421.519	25.941.069	27.669.413	30.000.402	33.822.457	32.265.026	32.300.956	33.938.121

FONTES: CNP e Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

4.2.1 - Consumo de óleo combustível

Na produção de papel e celulose, o óleo combustível responde pela maior parte do consumo energético para a geração de vapor e de calor direto.

A participação do setor no consumo industrial deste combustível tem-se situado em torno de 9% nos últimos anos, como pode ser visto na Tabela 4.5. O aumento da participação do setor de papel e celulose nos consumos industrial e nacional, apesar dos processos de conservação e substituição ocorridos neste setor, é consequência da redução de consumo, processada mais rapidamente em outros setores, principalmente o setor cimenteiro.

Observa-se na Tabela 4.5 que o consumo de óleo combustível no setor apresentou variações positivas até 1979. A partir daí, estas passaram a ser negativas, sendo que, em 1981, a redução do consumo foi superior a 20%. Também o consumo específico tem apresentado taxas decrescentes, inclusive em períodos anteriores a 1979. Isto se deve ao fato de que, desde 1977, o setor papeleiro vem-se preocupando com a sua dependência em relação a este insumo e assim executando programas de racionalização no uso de derivados de petróleo e de planejamento da sua substituição por combustíveis alternativos. Tanto que, em 1979, com a redução do fornecimento de 10% do óleo combustível determinada pelo pelo CNP, a indústria papeleira viu-se em situação difícil, já que, por iniciativa própria, grande número de fábricas haviam, anteriormente, tomado medidas de racionalização.¹¹

¹¹ A redução em 10% do fornecimento baseou-se no consumo dos últimos quatro meses anteriores à medida, e no caso do setor papeleiro o consumo já estava reduzido. Daí, segundo informações da ANAVE (Associação Nacional dos Homens de Venda de Papel e Celulose), a ANFPC interferiu junto ao CNP, que suspendeu a medida, por um período de quatro meses, permitindo que as fábricas se adaptassem à nova situação.

TABELA 4.5

PARTICIPAÇÃO DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE NO CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL NA
INDÚSTRIA E NO TOTAL NACIONAL

ANOS	CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE (t)	CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL NA INDÚSTRIA - BEN		CONSUMO TOTAL DE ÓLEO COMBUSTÍVEL NO BRASIL - BEN	
		Total (t)	Participação do Setor (%)	Total (t)	Participação do Setor (%)
1976	934.645	11.868.360	7,87	16.380.126	5,70
1977	1.051.430	12.427.982	8,46	16.701.188	6,29
1978	1.162.551	13.510.448	8,60	18.198.152	6,38
1979	1.216.886	13.972.658	8,70	18.888.982	6,44
1980	1.179.678	13.679.428	8,62	18.087.818	6,52
1981	941.318	10.269.014	9,16	14.647.584	6,42
1982	844.900	8.475.383	9,96	12.574.100	6,71
1983	613.298	7.375.480	8,31	11.185.482	5,48

FONTE: Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

A Tabela 4.6 apresenta a evolução do consumo específico do óleo combustível em amostra representativa de, aproximadamente, 95% do setor.¹²

TABELA 4.6

EVOLUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL
NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

ANOS	CONSUMO ESPECÍFICO (kg oc/t produto)
1979	273
1980	221
1981	189
1982	164
1983	121
1984*	90

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b).

* Jan/Set.

O serviço energético que demanda maiores quantidades de óleo combustível é a geração de vapor, responsável por 86,8% do consumo total em 1980, cabendo aos fornos cerca de 11,8% e aos secadores e demais serviços o restante, como pode ser visto na Tabela 4.7. Cabe ressaltar que a colocação do item secadores entre os serviços é um tanto imprópria, uma vez que na maioria das indústrias a etapa de secagem é realizada através de cilindros aquecidos internamente com vapor, cujo consumo de combustível já está contabilizado no item "geração de vapor". Entretanto, destaca-se nas indústrias produtoras de papel sanitário o uso de calor dire-

¹² Os dados da ANFPC apresentados neste trabalho referem-se a pesquisas realizadas periodicamente por esta Associação e que representam cerca de 95% do setor de papel e celulose.

to na secagem (coifas), na qual o ar quente é produzido pela queima de óleo combustível ou diesel. São poucas as indústrias que usam calor direto na secagem da celulose (flash dryer).

TABELA 4.7.

DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL POR SERVIÇO ENERGÉTICO NA PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE

(Em %)

SERVIÇOS	ANOS	
	1978	1979
Geração de Vapor	92,06	86,82
Aquecimento Direto (fornos)	7,69	11,79
Aquecimento Indireto (secadores)	0,24	1,38
Outros	0,01	0,01
TOTAL	100,00	100,00

FONTE: Informações obtidas junto ao CNP.

A Tabela 4.8 mostra que a redução de 21% no período 1978/80 no consumo específico de óleo combustível, referida anteriormente, ocorreu devido à geração de vapor, com a substituição e conservação do óleo combustível usado nas caldeiras por outras fontes de energia alternativa.

TABELA 4.8

CONSUMO ESPECÍFICO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL POR SERVIÇOS ENERGÉTICOS

SERVIÇOS	ANOS	
	1978	1980
Geração de Vapor	2,5617	1,8998
Aquecimento Direto (fornos)	0,2137	0,2579
Aquecimento Indireto (secadores)	0,0079	0,0301
Outros	0,0003	0,0003
TOTAL	2,7823	2,1881

FONTE: Informações obtidas junto ao CNP.

4.2.2 - Consumo de biomassa

No setor de papel e celulose, a biomassa aparece como a grande opção para substituir o óleo usado nas caldeiras, sendo utilizados, além da lenha, os resíduos florestais e industriais e a casca de madeira proveniente da produção de celulose.¹³

Cabe ressaltar a existência de indústrias do setor que são tradicionais consumidoras de biomassa. São indústrias produtoras de celulose fibra longa, localizadas na região Sul e que apresentam o consumo de combustíveis alternativos superior ao derivado de petróleo.

Apesar de a biomassa ser consumida quase que totalmente para a geração de vapor, ocorre aplicação pioneira de biomassa (madeira pulverizada) no forno de cal, equipamento que até então não possuía tecnologia alternativa ao uso do óleo combustível.¹⁴

O setor de celulose e papel apresentou, a partir de 1979, taxas crescentes de consumo de biomassa, triplicando o consumo no período 1979/82.

A Tabela 4.9 refere-se à amostra da ANFPC, já mencionada (ver p. 40), e mostra a evolução do consumo específico de biomassa, bem como, a participação deste energético na estrutura do consumo de tal amostra, que, como se pode observar, correspondeu em 1983 a mais da metade do consumo energético. Tal comportamento confirma a escolha da biomassa como principal fonte de energia substitutiva do óleo combustível.

¹³ Os resíduos florestais são as pontas, galhos e madeira de diâmetro menor que 7 cm, representando aproximadamente 7% do peso da madeira descascada, enquanto os resíduos industriais são provenientes da picagem da madeira. A casca da madeira representa cerca de 12% do volume da madeira descascada.

¹⁴ Duas unidades industriais adotaram a madeira pulverizada como substituto do óleo combustível no forno de cal. Uma delas, na região Sul, já está operando com o novo combustível e a outra, na região Sudeste, passará a utilizá-la no final de 1984.

TABELA 4.9

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE BIOMASSA

ANOS	CONSUMO TOTAL m ³ st*	CONSUMO ESPECÍFICO m ³ st*/t	PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA NA ESTRUTURA DO CONSUMO ENERGÉTICO
1979	1.930.718	0,472	14,84
1980	3.432.318	0,708	24,16
1981	4.809.645	1,038	34,28
1982	5.934.727	1,215	40,88
1983	7.907.227	1,582	52,61
1984**	6.712.573	1,656	56,02

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b).

* m³ st = metro cúbico estéreo.

** Jan/Set.

4.2.3 - Consumo de carvão mineral¹⁵

No setor papeleiro, o carvão é usado para geração de vapor, principalmente nas indústrias do Sul, devido à proximidade das minas. Algumas indústrias já consumiam carvão antes mesmo de o setor se ver afetado pela elevação do preço do óleo combustível ou pela fixação de cotas de fornecimento do mesmo pelo CNP, pois aquele já era um energético mais econômico.

¹⁵ Carvão vapor ou energético.

TABELA 4.10

PARTICIPAÇÃO DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE NO CONSUMO DE
CARVÃO MINERAL NA INDÚSTRIA E NO TOTAL NACIONAL

ANOS	CONSUMO NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE (10 ³ t)	CONSUMO NA INDÚSTRIA		CONSUMO TOTAL NO BRASIL	
		Total (10 ³ t)	Participação do Setor de Papel e Celulose (%)	Total (10 ³ t)	Participação do Setor de Papel e Celulose (%)
1976	92	179	51,39	1.491	6,17
1977	113	292	38,69	1.930	5,85
1978	102	340	30,00	3.073	3,31
1979	109	671	16,24	2,879	3,78
1980	109	1.109	9,83	3.034	3,59
1981	145	1.843	7,86	4.403	3,29
1982	150	2.706	5,54	5.261	2,85
1983	222	3.167	7,00	5.199	4,27

FONTE: Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

Na década de 70, a indústria de papel e celulose foi a principal consumidora de carvão mineral no setor industrial, chegando a ser responsável por até 82% do consumo industrial em 1973.¹⁶ Contudo, já em 1978, começou a perder esta posição para a indústria de cimento e, com a continuidade das substituições do óleo combustível por este insumo neste segmento industrial, em 1982 o setor papelero passou a ser responsável por apenas 5,5% do consumo industrial de carvão mineral, terceira posição entre os consumidores, uma vez que o setor de alimentos e bebidas também teve sua participação elevada a partir de 1981. Até 1982, o consumo de carvão era devido quase que a uma única indústria do setor,¹⁷ respon

¹⁶ Cf. Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

¹⁷ Utilização do carvão mineral associado à casca de madeira para a geração de vapor (caldeira).

sável por 9 e 10% da capacidade instalada de celulose e papel, respectivamente. A partir de 1983, registra-se o uso de carvão mineral em outra grande indústria (7% da capacidade instalada total de celulose), na qual este energético responde pela totalidade da geração de vapor.

O crescimento do consumo específico de carvão mineral no setor de papel e celulose (Tabela 4.11) deve-se não só ao aumento de indústrias consumidoras deste energético, como também à alteração da distribuição do consumo dos diversos tipos de carvão mineral. Em 1983, o carvão mineral com 20% de cinzas, que respondia até então por cerca de 90% do consumo, teve sua participação reduzida a 45% do consumo total de carvão mineral no setor papeleiro, devido ao aumento do consumo de carvão com maior teor de cinzas.

TABELA 4.11

CONSUMO ENERGÉTICO DE CARVÃO MINERAL NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

ANOS	CONSUMO ESPECÍFICO (t Carvão/t Produto)
1978	0,031
1979	0,027
1980	0,022
1981	0,031
1982	0,031
1983	0,044
1984 *	0,057

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b) e Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

*Jan/Set.

4.2.4 - Consumo de energia elétrica

Até 1979, a energia elétrica era utilizada no setor apenas

para geração de força motriz, iluminação e atividades diversas. Com a necessidade de reduzir o consumo de óleo combustível, algumas empresas passaram, recentemente, a utilizar este energético também na geração de vapor.

TABELA 4.12
PARTICIPAÇÃO DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE NO CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA E NO TOTAL NACIONAL

ANOS	CONSUMO NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE (Gwh)		CONSUMO NA INDÚSTRIA (BEN)		CONSUMO TOTAL NO BRASIL (BEN)	
	Eletrobrás (A)	BEN (B)	Total (GWh) (C)	Participação do Setor Papeleiro $\left(\frac{B \times 10^2}{C}\right)$	Total (GWh) (D)	Participação do Setor Papeleiro $\left(\frac{B \times 10^2}{D}\right)$
1976	1.828	3.234	42.690	7,57	77.572	4,17
1977	2.154	3.621	48.184	7,51	86.985	4,16
1978	2.166	3.864	54.525	7,08	97.186	3,97
1979	2.538	4.469	61.836	7,22	108.928	4,10
1980	2.841	5.089	68.662	7,41	120.748	4,21
1981	2.915	5.059	68.079	7,40	124.017	4,06
1982	2.967	5.124	70.833	7,23	131.333	3,90
1983	3.365	5.550	75.566	7,34	141.608	3,91

FONTES: Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983) e Eletrobrás (1980, 1981, 1982 e 1983).

É interessante ressaltar que nem toda a energia consumida no setor provém das concessionárias, pois aproximadamente 42% são geradas pelas próprias indústrias, através de usinas hidrelétricas e termelétricas. Comparando as colunas A e B da Tabela 4.12, observa-se que os dados fornecidos pela Eletrobrás representam 56 a 60% do consumo registrado no BEN, pois neste está computada toda a energia consumida no setor, enquanto naquele apenas a energia vendida pelas concessionárias.

Contudo, a geração de energia elétrica não é comum a todas as unidades do setor de papel e celulose, como já foi discutido no início deste capítulo (Seção 4.1). Na Tabela 4.13 tem-se a distribuição do consumo de energia autogerada entre as três principais categorias de empresas do setor, destacando-se a grande participação do consumo de energia autogerada entre as produtoras de celulose. As formas de autogeração de energia no setor são apresentadas na Tabela 4.12. A autogeração por contrapressão é responsável por cerca de 85% do total de energia gerada em 1982, sendo que a queima da lixo em caldeiras de recuperação participa com 55% neste processo. Além da energia termelétrica, ocorre também a exploração da energia hídrica, principalmente nas indústrias integradas.

4.2.5 - Consumo de óleo diesel

Na indústria de papel e celulose, o óleo diesel é usado em atividades de transporte, na geração de vapor e na produção de calor direto. Embora sua utilização para a produção de calor direto (secagem) ocorra quase exclusivamente nas indústrias produtoras de papéis sanitários (7% da produção do setor), este serviço respondeu por 43% do consumo total de diesel em 1980, enquanto o transporte e a geração de vapor foram responsáveis por, respectivamente, 38 e 19% do consumo. Porém, cabe ressaltar que o consumo específico de óleo diesel naquele subsetor (0,074 Gcal/t produzida) é significativamente superior à média do setor (0,025 Gcal/t produzida).

Na Tabela 4.15 é apresentada a evolução do consumo total de óleo diesel no setor de papel e celulose, que, embora seja sempre crescente, não ocorre da mesma forma com o consumo específico. Este quadro deverá sofrer alterações, pois, tendo em vista a portaria do CNP que proíbe a queima de óleo diesel para fins industriais a partir de 1983, haverá redução no consumo devido à eliminação de seu uso nos serviços de geração de vapor e produção de calor.

TABELA 4.13

CONSUMO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA DO SETOR

CATEGORIA	1981					1982				
	Comprada	%	Gerada	%	Total	Comprada	%	Gerada	%	Total
Papel Integradas *	1.140.673	96,0	47.037	4,0	1.187.710	1.242.413	96,2	49.328	3,8	1.291.741
Celulose	1.173.656	56,0	921.508	44,0	2.095.164	1.214.601	59,1	839.936	40,9	2.054.537
	225.844	19,9	911.255	80,1	1.137.099	231.362	18,2	1.041.775	81,8	1.273.137
TOTAL	2.540.173	57,5	1.879.800	42,5	4.419.973	2.688.376	58,2	1.931.039	41,8	4.619.415

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

* Produtores de papel e celulose.

TABELA 4.14

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA GERADA NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE - 1982

CATEGORIA	TERMELETRICA (MWH)				SUBTOTAL	HIDRELETRICA (MWH)	TOTAL	PARTICIPACAO (%)
	Lixívia Negra	Óleo Combustível	Biomassa	Carvão Mineral				
Papel Integradas *	-	3.948	8.120	-	12.068	37.260	49.328	2,6
Celulose	338.341	52.203	116.652	80.957	588.153	251.783	839.936	43,5
	572.567	123.805	343.707	-	1.040.079	1.696	1.041.775	53,9
TOTAL	910.908	179.956	468.479	80.957	1.640.300	290.739	1.931.039	100,0

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

* Produtores de papel e celulose.

TABELA 4.15

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

ANOS	CONSUMO TOTAL (m ³)	CONSUMO ESPECÍFICO (m ³ /t produzida)
1976	11.000	0,004
1977	12.000	0,004
1978	13.000	0,003
1979	14.000	0,003
1980	15.000	0,003
1981	12.000	0,002
1982	16.000	0,002
1983	18.000	0,003

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b) e Ministério das Minas e Energia (1981, 1982 e 1983).

4.3 - Consumo de energia nos subsetores da indústria de papel e celulose

Face às particularidades apresentadas pelos diferentes subse-
tores da indústria papeleira, é interessante que se proceda a uma
análise comparativa do consumo energético nos mesmos.

O principal ponto a ser destacado no consumo energético do
setor é a diferença existente entre as indústrias que produzem ce-
lulose e as demais. Na Tabela 4.16 são apresentados os consumos
específicos dos diversos combustíveis nos subsetores da indústria
de papel e celulose. Observa-se que o consumo específico do item
"outros" - onde estão contabilizados, quase que exclusivamente, a
lixívia negra¹⁸ e os resíduos da matéria-prima - é significativa-

¹⁸O coeficiente de relação entre a produção de celulose e a
produção de lixívia é, aproximadamente, 1,3 (1 t de celulose gera
1,3 t de lixívia). Poder calorífero da lixívia: 2.900 Mcal/t (ce-
lulose de eucalipto); e 3.500 Mcal/t (celulose de pinho).

mente maior nas indústrias produtoras de celulose, integradas e não-integradas. Nas indústrias que só produzem celulose, devido à dimensão destas, a participação deste item é de 60%. Nos dois outros subsetores, integradas fibra curta e fibra longa, esta participação já é menor (50 e 35%, respectivamente), pois nem todas as unidades recuperam os produtos químicos.¹⁹

TABELA 4.16

CONSUMO ESPECÍFICO DOS ENERGÉTICOS NOS DIVERSOS SUBSETORES - 1980

ENERGÉTICOS	SUBSETORES					
	Celulose	Integra- das Fibra Curta	Integra- das Fibra Longa	Papel	Papel Sanitário	Total
Óleo Combustível	2,0584	2,9144	1,7500	1,7053	2,1152	2,1882
Óleo Diesel	0,0337	0,0223	0,0033	0,0082	0,2172	0,0269
Querosene	-	-	-	0,0006	0,0013	0,0002
Carvão Mineral	-	-	0,8188	0,0024	-	0,1698
Biomassa	1,2699	0,0729	1,1681	0,0485	0,0540	0,5293
Outros	5,0916	3,2724	2,0189	0,0095	-	2,3465
TOTAL	8,4536	6,2820	5,7590	1,7675	2,387	5,2609

FONTE: CNP.

Apesar da maior eficiência observada entre as indústrias que só produzem celulose, devido à recuperação, estas apresentam maior consumo de energia por tonelada produzida que as demais produtoras de celulose (integradas). Contudo, cabe ressaltar que nem todas as indústrias integradas são auto-suficientes em celulose e,

¹⁹ Entre as indústrias que só produzem celulose (seis unidades), quatro delas têm capacidade instalada superior a 700 t/d e, conforme visto na introdução deste capítulo, a viabilidade da etapa de recuperação é função da escala de produção. Isto explica a participação da lixívia neste subsetor.

portanto, uma parte da matéria-prima para produção do papel destas indústrias traz energia "embutida" de outra fábrica.²⁰

Nas indústrias integradas, destaca-se a diferença no consumo de biomassa observada entre as produtoras de celulose fibra curta e fibra longa. Embora não se tenha informações precisas que expliquem o grande consumo de biomassa nas produtoras de celulose fibra longa, acredita-se que isto se deve ao fato de ser menor o aproveitamento do pinho - madeira usada para produção de celulose fibra longa -, produzindo assim mais resíduos, que são queimados nas caldeiras.²¹ Também a existência de serrarias, que podem gerar resíduos utilizados para geração de vapor, nas proximidades da maioria das indústrias, ajudaria a explicar o fenômeno.

A diferença existente entre o consumo energético nas indústrias de papel (todos os tipos, exceto sanitários) e nas de papel sanitário é devida à etapa de secagem nestas últimas.²²

A geração de vapor é responsável pela maior parte do consumo de energia em todos os subsetores, como se pode observar na Tabela 4.17. Cabe ressaltar que a menor participação deste serviço no subsetor celulose não é devida a diferenças tecnológicas na geração de vapor entre estas e as demais produtoras de celulose, e sim, ao fato de que quase todas as indústrias daquele subsetor possuem forno de cal, grande consumidor de energia, acarretando, então, diferença na distribuição entre os serviços.

²⁰ Quatro das seis indústrias que compõem o subsetor das não-integradas (celulose), correspondendo a 92% da capacidade instalada deste grupo, entraram em operação no período 1977/79. Assim, em 1980, ano para o qual se dispõe de dados para a discussão apresentada nesta seção, o consumo energético de algumas destas unidades ainda estava em fase de adaptação, como é o caso da Aracruz, maior produtora de celulose do setor, que teve seu consumo específico reduzido de 7,400 Gcal/t de celulose em 1980 para 5,231 Gcal/t de celulose em 1983. Isto também explica o maior consumo neste subsetor.

²¹ Teor de casca: eucalipto = 10%; pinho = 20%.

²² Ver Subseção 4.2.1

Destaca-se também o consumo de energia na etapa de secagem nas indústrias produtoras de papel sanitário, em consequência de diferença tecnológica no processo.

TABELA 4.17
PARTICIPAÇÃO DOS SERVIÇOS NO CONSUMO DE ENERGIA NOS SUBSETORES
DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE - 1980

(Em %)

SUBSETORES	SERVIÇOS				Total
	Geradores de Vapor	Secadores (vapor e calor indireto)	Fornos* (calor direto)	Outros	
Celulose	72,76	3,53	23,64	0,07	100,0
Integradas Fibra Curta	93,37	1,86	4,42	0,35	100,0
Integradas Fibra Longa	96,24	0,02	3,69	0,05	100,0
Papel	98,46	1,15	-	0,39	100,0
Papel Sanitário	91,13	8,84	-	0,03	100,0

FONTE: CNP.

* Forno de cal.

5 - CONSERVAÇÃO ENERGÉTICA E SUBSTITUIÇÃO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO NO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

5.1 - Introdução

Tendo em vista a importância do óleo combustível no setor e a crise internacional do petróleo, a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose iniciou em 1977 um programa entre seus associados, objetivando a conscientização da necessidade de racionalizar o uso de derivados de petróleo e do planejamento de sua substituição por combustíveis alternativos.

As medidas de racionalização propostas pelo IPT (1978), amparadas com financiamento do Projeto CONSERVE, resultaram na redução de aproximadamente 10% do consumo de óleo combustível até março de 1979. Assim, neste mesmo mês, a Portaria baixada pela CNP estabelecendo cotas de fornecimento de derivados de petróleo colocou em dificuldades as indústrias que já operavam com maior eficiência.

Finalmente, em outubro de 1980, foi oficializado o planejamento das providências de conservação e substituição do óleo combustível através do "Protocolo da Indústria de Papel e Celulose", firmado pela Comissão Nacional de Energia, pelos Ministros da Indústria e do Comércio, das Minas e Energia, da Agricultura, dos Transportes, da Secretaria de Planejamento da Presidência da República e pela Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose. As metas deste protocolo são apresentadas na Tabela 5.1, observando-se que as reduções previstas para os dois primeiros anos seriam resultado de medidas de racionalização e que a partir de 1982 previam-se as substituições do óleo combustível por outras fontes alternativas. Os resultados deste protocolo serão apresentados nas seções seguintes.

5.2 - Racionalização do consumo de derivados de petróleo

O setor de papel e celulose vem reduzindo o seu consumo específico de óleo combustível mesmo antes da implementação de programas de substituição, através de programas de conservação de energia. Os projetos de substituição das maiores consumidoras de derivados de petróleo entraram em operação a partir de 1982, daí podendo-se concluir que a redução do consumo observada na Tabela 5.2, no período 1976//81, deve-se em sua maior parte a medidas de conservação.

Como principais medidas de conservação de energia colocadas em prática e que são consideradas simples e pouco onerosas, destacam-se:

- a) isolamento das linhas de vapor;
- b) isolamento térmico das flanges e válvulas;

TABELA 5.1

METAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

ANOS	NECESSIDADES FUTURAS DE ÓLEO COMBUS- TÍVEL (1.000 t/ano)	CARVÃO MINERAL (1.000 TEOC)	BIOMASSA SOB A FORMA DE RESÍDUOS (1.000 TEOC)	BIOMASSA SOB A FORMA DE MADEIRA (1.000 TEOC)	TOTAL DE FORMAS SUCEDÂNEAS (1.000 TEOC)	SALDO A SER COBERTO POR ÓLEO COMBUS- TÍVEL (1.000 TEOC)	PERCEN- TUAL DE SUBSTI- TUIÇÃO	PARTICIPAÇÃO ESTRUTURAL DOS SUCEDÂNEOS (%)		
								Carvão Mine- ral	Resí- duos	Madei- ra
1980	1.195	-	-	-	-	1.075	10,0	-	-	-
1981	1.259	-	-	-	-	1.133	10,0	-	-	-
1982	1.237	72	335	157	564	673	45,6	12,8	59,4	27,8
1983	1.353	72	390	315	777	576	57,4	9,0	50,0	41,0
1984	1.436	72	428	480	980	455	68,2	7,0	44,0	49,0
1985	1.494	72	459	763	1.294	200	86,6	6,0	35,0	59,0
1986	1.591	72	508	811	1.391	200	87,4	5,0	37,0	58,0
1987	1.684	72	555	857	1.484	200	88,1	5,0	37,0	58,0
1988	1.769	72	603	894	1.569	200	88,7	5,0	38,0	57,0
1989	1.840	72	638	930	1.640	200	89,1	4,0	39,0	57,0
1990	1.924	72	692	960	1.724	200	89,6	4,0	40,0	56,0

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

TABELA 5.2

EVOLUÇÃO DE CONSUMO ESPECÍFICO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL

ANOS	CONSUMO ESPECÍFICO (t OC/t de Papel e Celulose)	VARIAÇÃO ANUAL (%)	VARIAÇÃO ACUMULADA (%)
1976	0,283	-	-
1977	0,281	- 0,7	- 0,7
1978	0,267	- 5,0	- 5,6
1979	0,273	+22,4	- 3,5
1980	0,221	-19,0	-21,9
1981	0,189	-14,4	-33,2
1982	0,164	-13,2	-42,0
1983	0,121	-26,2	-57,2

FONTE: CNP e Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b);

- c) retorno do condensado para as caldeiras numa temperatura a mais alta possível;
- d) aproveitamento dos gases da chaminé;
- e) tratamento e reaquecimento da água;
- f) melhor aproveitamento do vapor;
- g) controle de combustão;
- h) otimização das purgas;
- i) manutenção sistemática das caldeiras; e
- j) treinamento do pessoal.

De modo geral, as empresas já estão otimizadas em relação a estes itens, sendo que aquelas que apresentam menores índices de conservação estão em fase inicial de operação com combustível alternativo, pois na fase de adaptação sempre há perda de eficiência.

Concluindo-se, pode-se dizer que as medidas de racionalização visando a redução do consumo de óleo combustível permitiram o

atingimento das metas previstas para 1982, que estabeleciam redução de 20% no consumo de óleo combustível.

5.3 - Substituição dos derivados de petróleo

Com a oficialização do programa de substituição energética, a busca de soluções alternativas aos derivados de petróleo tomou maior impulso. Assim, em 1981, muitas empresas, utilizando-se do apoio financeiro de entidades governamentais, iniciaram seus projetos de substituição do óleo combustível usado na geração de vapor.

Na escolha do substituto do óleo combustível, deve-se levar em consideração certas características, tais como:

- a) possibilidades de aplicação técnica em plantas de geração de vapor já existentes;
- b) transporte e estocagem simples;
- c) suprimento confiável;
- d) custo compatível; e
- e) poluição mínima.

A grande maioria das indústrias de papel e celulose optou por biomassa como substituto do óleo combustível na geração de vapor. Entretanto, outras alternativas foram também adotadas no setor, como carvão mineral, bagaço de cana, gás natural e energia elétrica.

TABELA 5.3

PARTICIPAÇÃO DOS DIVERSOS COMBUSTÍVEIS NO TOTAL DO CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

COMBUSTÍVEL	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984*
Óleo Combustível	81,08	81,88	82,50	77,84	68,43	56,91	50,15	36,65	27,89
Biomassa	9,73	9,65	8,81	14,84	24,16	34,28	40,89	52,62	55,98
Carvão Mineral	7,46	6,57	6,35	5,45	5,82	5,98	6,41	7,46	11,44
Outros	1,73	1,90	2,34	1,87	1,59	2,83	2,55	3,27	4,69

FONTES: CNP e Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b).

* Janeiro a setembro.

A Tabela 5.3 apresenta o perfil de substituição do óleo combustível no setor de papel e celulose, confirmando a adoção da biomassa como principal substituto. Pela Tabela 5.4, entretanto, pode-se observar que o processo de substituição no setor não apresenta características de verticalização, mas, ao contrário, tem-se efetuado de forma bastante abrangente em todos os níveis de escala produtiva, não se restringindo às grandes empresas do setor.

TABELA 5.4

DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS POR TIPO DE COMBUSTÍVEL CONSUMIDO

ANOS	EMPRESAS CONSUMINDO DERIVADOS DE PETRÓLEO	PARTICIPAÇÃO (%)	EMPRESAS CONSUMINDO DERIVADOS E/OU COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS	PARTICIPAÇÃO (%)	TOTAL DE EMPRESAS
1979	112	74,7	38	25,3	150
1980	108	67,9	51	32,1	159
1981	89	54,6	74	45,4	163
1982*	81	50,3	80	49,7	161
1984*	30	18,1	136	81,9	166

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b) e Jornal do Brasil (1984).

* 1º semestre.

5.3.1 - Biomassa

A biomassa surgiu como o substituto natural do óleo combustível nas indústrias de papel e celulose, pois este setor, tendo a madeira como sua principal matéria-prima, caracteriza-se como possuidor de grandes áreas reflorestadas. Além da "familiaridade" com este energético, o aspecto econômico é outra vantagem da subs

tituição do óleo combustível pela biomassa.²³ Entretanto, algumas desvantagens técnicas são também apontadas, destacando-se: área necessária para a estocagem, alimentação das caldeiras e limpeza de grelhas. Isto, porém, não tem sido fator inviabilizante para adoção da biomassa como combustível alternativo.

Embora todos os subsetores considerados estejam consumindo biomassa, aqueles que produzem celulose são favorecidos pelo fato de disporem dos resíduos da matéria-prima (finos e cascas). Conclui-se então ser esta a razão dos diferentes níveis de penetração da lenha nos diversos subsetores (Tabela 5.5). As indústrias que produzem apenas papel, além de não possuírem os resíduos da fabricação de celulose, estão, em sua maioria, concentradas em regiões urbanas ou próximas destas, não possuindo áreas para plantio de madeira energética e, às vezes, nem para manutenção de estoques estratégicos, o que constitui fator agravante em relação à dependência de terceiros para o fornecimento deste combustível. Cabe ressaltar, entretanto, que algumas destas indústrias estão ligadas a grandes produtoras integradas que lhes garantem parcela do fornecimento necessário para a substituição de parte do óleo combustível consumido.

Contudo, a Tabela 5.5 mostra que não só nas integradas ou nas produtoras de celulose o consumo de biomassa tem-se tornado significativo. Os níveis de participação deste energético nas indústrias de papel, inclusive papel sanitário, indicam que estão contornando os problemas citados acima.

²³ Os aspectos econômicos da substituição serão tratados mais adiante com maiores detalhes. Entretanto, considerando apenas a vantagem do preço, em dezembro de 1983 a razão de preços por GCAL lenha/óleo combustível situava-se em torno de 0,272. Considerando-se os resíduos, industriais ou florestais, esta razão é ainda menor.

TABELA 5.5
PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA NO CONTEÚDO ENERGÉTICO
DOS DIVERSOS SUBSETORES

SUBSETORES	ANOS					
	1979	1980	1981	1982	1983	1984*
Celulose	17,8	43,0	53,4	54,7	55,0	48,2
Integradas Fibra Curta	0,9	1,4	7,7	18,0	51,8	63,2
Integradas Fibra Longa	31,7	37,0	45,0	50,2	58,3	61,7
Papel	8,8	12,1	25,5	34,6	41,7	52,3
Papel Sanitário	1,7	6,4	25,8	36,9	56,1	59,1
TOTAL	14,8	24,1	34,2	40,8	52,6	56,2

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984 b).

* Jan./set.

É interessante observar também o "salto" no consumo de biomassa nas indústrias integradas de fibra curta. Neste subsetores são as grandes produtoras integradas do setor, que, antes das dificuldades surgidas com o fornecimento de óleo combustível e do aumento de seu preço, deixavam nas florestas as pontas e finos (+ 20,5% do volume de madeira para celulose) e também dispensavam as cascas de madeira, que correspondem a cerca de 12% do volume de madeira para celulose.²⁴ Assim, a partir de 1981, as grandes empresas deste subsetor começaram a desenvolver seus projetos de substituição do óleo combustível, que previam não só a utilização de madeira energética, como também de todo este material não aproveitável para produção de celulose. Em 1983, muitos destes projetos já estavam operando, resultando então um aumento considerável de biomassa.

²⁴ Neste ponto surge um problema relacionado com o empobrecimento do solo pela não devolução de parcela do material orgânico. Uma avaliação do impacto provocado na produtividade do solo pela exploração energética dos resíduos é sugestão para um futuro trabalho.

Ao contrário das indústrias integradas de fibra curta, as de fibra longa, que são tradicionais consumidoras de biomassa, nos últimos anos apresentaram índices de participação de consumo deste combustível ainda maiores. Também nas indústrias que só produzem celulose a participação da biomassa no consumo energético foi sempre significativa, mesmo antes de se iniciar o processo de substituição. Atualmente, entre as seis indústrias que compõem este sub-setor, apenas duas não utilizam biomassa em suas caldeiras.

Finalizando, a forma de utilização de biomassa influi tanto na eficiência da queima quanto nos custos necessários para seu uso. Até 1982, 72% das empresas do setor papelero utilizavam-se de biomassa na forma de lenha, que, embora não seja a mais eficiente, é a que apresenta menores custos em equipamentos. Entretanto, as grandes empresas estão adquirindo outros equipamentos mais sofisticados, tais como picadores e descascadores, que permitem a queima de biomassa na forma de cavacos, casca e resíduos nas caldeiras, proporcionando rendimento superior à queima da lenha.

TABELA 5.6
DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS SEGUNDO A
FORMA DE CONSUMO DA BIOMASSA
FLORESTAL - 1982

FORMA	PARTICIPAÇÃO (%)
Lenha	72,4
Cavacos	8,5
Cascas	8,5
Resíduos	2,1
Mista	8,5

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1982 b).

Com relação às fontes de abastecimento da biomassa, até 1982, a demanda do setor era suprida basicamente por desmatamentos e re-florestamentos, existindo também aquelas que se utilizam de resíduos florestais e industriais, tanto de madeira processada na própria fábrica como em outras indústrias.

Pode-se estabelecer um paralelo entre a origem da biomassa e a categoria da indústria. As integradas e as produtoras de celulose abastecem-se em reflorestamentos ou desmatamentos, além de consumirem resíduos florestais e industriais. Entretanto, o consumo de biomassa originária de desmatamentos, nestas indústrias, deverá ser eliminado tão logo esteja disponível a madeira de reflorestamentos energéticos implantados, por estas, no início dos processos de substituição.

As indústrias que só produzem papel, não dispoem de resíduos florestais e, em geral, não possuindo áreas de reflorestamento energético, abastecem-se no mercado. Ocorre também, no caso de indústrias pertencentes a grupos industriais, o abastecimento em reflorestamento de outras empresas do grupo. Contudo, acredita-se que mais de 50% da necessidade de madeira neste subsector são supridos por terceiros, num mercado que praticamente não existia. Adicionando-se outras empresas dos demais sectores industriais que também utilizam biomassa, conclui-se que o mercado de madeira (em especial eucalipto) sofrerá grandes alterações nos próximos anos.²⁵ Caso este mercado não receba a devida atenção dos órgãos competentes, dando-lhe uma estrutura que possibilite o atendimento da demanda, o programa de substituição destas empresas estará comprometido.

Em relação ao preço, é significativa a vantagem da biomassa

²⁵ Caberia aqui um levantamento das áreas de florestas nativas e de reflorestamentos objetivando quantificar o potencial de madeira existente no País. Entretanto, a defasagem dos dados existentes não permitem acompanhar o desenvolvimento das florestas disponíveis. Assim, fica a sugestão deste levantamento como trabalho futuro, devido à sua importância no planejamento dos investimentos nesta área de atividades.

sobre o óleo combustível, seja ela oriunda de lenha, de cavaco, de casca ou de resíduos.²⁶ Em alguns casos, o custo anual do óleo combustível chega a ser superior aos investimentos necessários para substituí-lo por biomassa, sendo que a economia proporcionada pela substituição é em geral superior a 50% do investimento total (Tabela 5.7). Estas condições permitem uma recuperação do investimento em menos de dois anos, o que estabelece a atratividade econômica da substituição.

TABELA 5.7

INVESTIMENTOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO
COMBUSTÍVEL POR BIOMASSA

PRO- JETO	VALOR DO INVESTI- MENTO (ORTN)	ECONOMIA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL		ECONOMIA TOTAL* (ORTN)	INVESTI- MENTO/ECO- NOMIA ANUAL DE ÓLEO COM- BUSTÍVEL (ORTN/t)	NÍVEL DE SUBSTI- TUIÇÃO (%)
		Quantidade (t de óleo Combustí- vel/Ano	Valor (ORTN)			
1	70.137	4.700	75.250	36.350	14,92	95
2	1.283.576	60.500	1.281.860	791.460	21,22	56
3	3.915.325	71.745	1.416.030	513.250	54,57	95
4	72.252	4.848	113.545	47.242	14,90	91
5	231.041	26.400	470.225	259.515	8,75	58
6	629.436	27.860	447.782	484.718	22,59	78
7	179.931	8.060	176.785	110.009	22,32	95

FONTE: Informações obtidas junto ao BNDES.

* Economia de óleo combustível menos gastos com o uso de biomassa.

²⁶ No custo dos resíduos são computadas as despesas com transporte e picagem, e este custo varia muito em função das distâncias entre a fábrica e a floresta e também com o equipamento de picagem. Por exemplo, para uma fábrica com sistema de utilização de resíduos bastante sofisticado, o custo por resíduos é de U\$ 36,6/t (no vembro de 1982), que, comparado ao óleo combustível, é cerca de 23% mais econômico. Para a casca, computa-se apenas o custo de transporte, uma vez que o descascamento da madeira é operação executada independentemente da utilização da casca como energético.

Em geral, o preço da GCAL lenha, incluindo o frete, informado pelas indústrias do setor corresponde a 25 a 50% do preço do óleo combustível.

As variações existentes entre os investimentos para substituição do óleo combustível por biomassa decorrem da sofisticação do projeto. Na Tabela 5.7 são apresentados os valores obtidos para uma amostra de sete projetos de substituição. Observa-se que o investimento por tonelada de óleo economizada anualmente é em média de 22,75 ORTN.

O investimento por tonelada de óleo economizada é bastante elevado no projeto 3. Cabe ressaltar que aí estão incluídos os custos da mudança tecnológica no forno de cal, prevendo-se, também, a instalação de duas caldeiras (90 t/h de vapor cada).²⁷ Porém, mesmo que se subtraia o efeito do empreendimento no forno de cal, o investimento por tonelada de óleo economizado na geração de vapor é ainda maior do que quando se considera o investimento total (56,02 ORTN/t). Acredita-se, portanto, que a sofisticação da área de preparação da madeira energética seja responsável pela diferenciação deste projeto, uma vez que expurgado este item o investimento por tonelada economizada na geração de vapor (43,96 ORTN/t) torna-se mais coerente com os demais, tendo em vista que prevê a instalação de duas caldeiras.²⁸

As variações de custos com energéticos, devido à substituição, são apresentadas na Tabela 5.8 que focaliza três projetos selecionados. Embora os projetos apresentem grandes variações no

²⁷ Os demais projetos prevêem a instalação de apenas uma caldeira, sendo que a do projeto 2 gera 100 t/h de vapor.

²⁸ Investimento no forno de cal: 167.540 ORTN (A);
investimento para preparação da madeira energética: 806.897 ORTN (B);
investimento total - A = 3.747.785 ORTN (C);
investimento total - (A + B) = 2.940.888 ORTN (D);
economia de óleo no forno de cal: 8.190 t/a (E);
economia de óleo na geração de vapor: 66.900 t/a (F);
C/F = 56,02 ORTN/t; e D/F = 43,96 ORTN/t.

Partindo-se do fato de que no projeto 2 pretende-se substituir 60.500 t de óleo combustível por ano utilizando-se uma caldeira com capacidade de 100 t/h queimando biomassa, parece estranho que o projeto 3, utilizando-se de duas caldeiras com capacidade de 90 t/h, preveja a substituição de apenas 71.754 t de óleo. Porém, a empresa a que se refere este último projeto prevê o aumento de sua capacidade de produção a partir de 1986, e daí a instalação de caldeiras com capacidades superiores às atuais necessidades.

TABELA 5.8

BALANÇO ANUAL DE CUSTOS E DEMANDA DE INSUMOS NA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL POR LENHA*

	PROJETO 1			PROJETO 2		PROJETO 3	
	Unidade	Quantidade	Valor (1.000 ORTN)	Quantidade	Valor (1.000 ORTN)	Quantidade	Valor (1.000 ORTN)
Consumo de Biomassa	m ³	37.600	(36,55)	715.250	(429,73)	666.000	(420,92)
Casca e finos	m ³	-	-	669.750	(429,73)	202.000	-
Resíduos industriais	m ³	-	-	45.500	-	-	-
Lenha	m ³	37.600	(36,55)	-	-	464.000	(420,92)**
Custos adicionais de energia elétrica	mwh	432	(1,73)	10.764	(34,17)	12.990	(44,96)
Necessidade adicional de mão-de-obra		1	(0,62)	-	-	17	(436,90)
Outros custos		-	-	-	(26,50)	-	-
Economia de óleo combustível	t	4.700	75,25	60.500	1.281,86	71.745	1.416,03
Economia Anual	-	-	36,35	-	791,46	-	513,25

FONTE: Informações obtidas junto ao BNDES.

* O projeto 1 refere-se à indústria não-integrada produtora de papel, com capacidade nominal de 90 t/dia; o projeto 2 refere-se à indústria integrada com capacidade nominal de 900 t/dia de celulose e 750 t/d de papel; e, finalmente, o projeto 3 trata-se de indústria não-integrada produtora de celulose, cuja capacidade nominal é de 750 t/d. Os investimentos totais para a substituição do óleo combustível nestes projetos estão na Tabela 5.7 (projetos 1, 2 e 3).

** Investimento de implantação e exploração de floresta própria.

investimento total, a participação dos principais itens componentes é mais uniforme. Em geral, o item equipamentos nacionais é responsável por mais de 50% do total, sendo que os importados representam no máximo 2% do total (Anexo 8).

Tomando-se por base 18 projetos de substituição do óleo combustível por biomassa na geração de vapor em fábricas do setor pa peleiro (Anexo 9), estimou-se a seguinte equação econométrica:

$$\text{LINV} = - 10,411 - 1,76920 \text{ LNSUB} + 1,0541 \text{ LCTOT} \quad (\text{A})$$

(2,63) (2,32) (9,81)

$$R^2 = 0,876 \quad \text{DW} = 1,95 \quad \text{F} = 52,98$$

onde:

LINV = logaritmo neperiano do investimento total (milhões de cruzeiros - dezembro de 1983);

LNSUB= logaritmo neperiano do nível de substituição alcançado pelo projeto; e

LCTOT= logaritmo neperiano do consumo total de óleo combustível antes da substituição.

Observa-se que o investimento total é elástico em relação ao nível de substituição (NSUB) e também ao consumo de óleo combustível antes da substituição (CTOT). Assim, fixado o nível de substituição, o investimento por tonelada economizada é função direta do tamanho da empresa. Analogamente, para uma mesma empresa, níveis de substituição mais elevados implicam investimentos crescentes por tonelada de óleo combustível economizada. Na Tabela 5.9 são apresentados os valores estimados do investimento por tonelada de óleo combustível substituído, para diferentes valores de NSUB e consumo inicial de óleo combustível.

TABELA 5.9

INVESTIMENTO POR TONELADA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL SUBSTITUÍDA

(Unidade: Cr\$ 1.000 - dezembro de 1983/t de óleo combustível)

NSUB \ CTOT	10.000	20.000	40.000	60.000	80.000	100.000	120.000
10	29.118	30.230	31.385	32.081	32.585	32.980	32.082
20	49.626	51.522	53.491	54.677	55.535	56.210	54.678
30	67.789	70.380	73.069	74.890	75.861	76.782	74.689
40	84.579	87.811	91.166	93.188	94.650	95.800	93.188
50	100.417	104.254	108.240	110.638	112.373	113.738	110.638
60	115.535	119.950	124.533	127.295	129.292	130.862	127.295
70	130.080	135.050	140.210	143.320	145.568	147.336	143.320
80	144.150	149.660	155.377	158.823	161.314	163.274	158.823
90	157.820	163.851	170.111	173.884	176.612	178.757	173.884
100	171.143	177.683	184.472	188.563	191.521	193.847	188.563

Viabilidade Econômica da Substituição do Óleo Combustível por Lenha

Existe uma certa preocupação no setor no que se refere à oferta de madeira energética, face ao aumento de consumo nos últimos anos e à incerteza de disponibilidade no futuro. Diante deste quadro, certamente a elevação do preço da lenha será a primeira consequência em caso de excesso de demanda. Atualmente, a relação de preços de Gcal de lenha/Gcal de óleo combustível é inferior a 0,5 levando-se em conta o frete e os gastos adicionais para a utilização da lenha na geração de vapor.²⁹

Simplificando as considerações, a viabilidade de um projeto de substituição é função de duas variáveis: investimento para adap

²⁹ Considerando-se que a distância aproximada das fábricas aos centros de oferta de lenha seja de 180 km.

tação da planta ao uso do novo energético e economia gerada pela diferenciação de preços do óleo combustível e de seu substituto (no caso, a lenha). Formalizando, pode-se dizer que um projeto de substituição de óleo combustível por lenha é viável se seus parâmetros satisfazem a inequação:

$$P_{OC} \times ECOC - P_{LEN} \times C_{LEN} > INV \quad (B)$$

onde:

P_{OC} = preço do óleo combustível (Cr\$/t);

P_{LEN} = preço da lenha (Cr\$/m³) - posto fábrica;

ECOC = economia de óleo combustível;

CLEN = consumo equivalente de lenha; e

INV = investimento anualizado da adaptação da planta.

Esta inequação vem sendo satisfeita, com bastante folga, devido aos custos reduzidos da lenha em relação ao óleo combustível. Contudo, neste ponto surge uma questão: qual o preço relativo máximo (R^*) que a lenha³⁰ pode alcançar sem inviabilizar o seu uso como substituto do óleo combustível? Em outros termos, dado o problema:

$$R^* = \max 8,6 \times \frac{P_{LEN}}{P_{OC}}$$

$$\text{s.a. } P_{OC} - 8,6 P_{LEN} \geq \frac{INV}{ECOC} \quad (C)$$

qual o valor de P_{LEN} que pode resolvê-lo?

Utilizando-se as expressões (A) e (C), com base numa taxa de desconto de 10% e o prazo de retorno do investimento de 10 anos, obteve-se os vários valores de R^* apresentados na Tabela 5.10.

30

1 tonelada de óleo combustível ~ 8,66 m³ de lenha.

TABELA 5.10

VARIAÇÃO DE R* PARA DIFERENTES VALORES DE NSUB E CTOT

(Cr\$/Gcal de lenha/Cr\$/Gcal de óleo combustível)

NSUB	C T O T					
	10.000	40.000	60.000	80.000	100.000	120.000
20	0,948	0,944	0,943	0,942	0,941	0,940
40	0,911	0,904	0,902	0,900	0,899	0,898
60	0,878	0,868	0,865	0,863	0,861	0,860
100	0,819	0,804	0,800	0,797	0,794	0,792

FONTE: Tabela 5.9

Comparando os valores de R* com os atuais, observa-se que o preço (posto fábrica) da Gcal de lenha poderá ser elevado em cerca de 60% sem que inviabilize o seu uso como substituto do óleo combustível na indústria de papel e celulose. Ressalte-se, porém, que esta faixa de variação é válida para indústrias situadas até uma determinada distância dos centros de oferta de lenha (aproximadamente 180 km).

5.3.2 - Carvão Mineral

O carvão mineral vem sendo utilizado no setor desde 1973 como uma opção viável para substituição do óleo combustível na geração de vapor em indústrias localizadas nas regiões Sul e Sudeste.

Atualmente, duas grandes empresas³¹ respondem pelo consumo de carvão no setor, ambas localizadas na região Sul, sendo pouco significativo o consumo das demais. Entretanto, a previsão de consu-

³¹Uma é não-integrada produtora de celulose com capacidade instalada de 720 t/dia (7% da capacidade total do setor) e a outra é integrada com capacidade instalada de 940 t/dia de celulose e 1.265 t/dia de papel, representando 9 e 10% da capacidade total de celulose e papel, respectivamente.

mo daquelas é suficiente para que se cumpra o estabelecido no protocolo de 1980.³²

Comparando-se o preço do óleo combustível com o do carvão mineral verifica-se que este apresenta vantagens econômicas como substituto daquele derivado do petróleo, principalmente o carvão com maior teor de cinzas, nas regiões onde se encontra disponível.

TABELA 5.11

COMPARAÇÃO DE CUSTOS - ÓLEO COMBUSTÍVEL x CARVÃO MINERAL

DISCRIMINAÇÃO	Cr\$ (março de 1982)	PODER CALORÍFI CO (Mcal/t)	Cr\$/Gcal
Óleo combustível	28.000,00/t	10.400	2.692,30
Carvão mineral (40%)	4.139,00/t	4.500	919,78
Carvão mineral (20%)	7.200,00/t	6.000	1.200,00

Entretanto, algumas unidades industriais³³ localizadas na região Sul do País, que optaram pelo carvão mineral como substituto do óleo combustível, não prosseguiram em seu uso, preterindo-o pela biomassa. A principal razão desta mudança são os problemas apresentados na queima do carvão mineral, que acarreta maiores custos operacionais devido às cinzas e também exige maiores investimentos em equipamentos para seu uso (caldeira).³⁴

Em relação ao tipo de carvão, existem diferenças quanto à sua viabilidade técnica. O carvão com 20% de cinzas propicia consumo sem problemas, enquanto aquele com 40% apresenta dificuldades com o manuseio de cinzas, ocasionando freqüentes paradas nas caldeiras.

³² O protocolo previa a utilização de 160.000 t/a de carvão a partir de 1982.

³³ Três empresas produtoras de papel, que juntas respondem por 1,2% da capacidade instalada total de papel (147 t/dia).

³⁴ De acordo com informações do fabricante, uma caldeira a carvão com capacidade de 60 t/h é cerca de 11% mais cara que a correspondente a cavaco de lenha.

ras. Apesar disto, uma das duas grandes consumidoras deste energético no setor de papel e celulose vem consumindo carvão com 38,5% de cinzas sem maiores problemas, utilizando-o em caldeira projetada para queima deste tipo de carvão, em que os problemas citados foram contornados. Porém, os custos exigidos por esta tecnologia foram bem elevados, como se poderá verificar mais adiante.

As Tabelas 5.12 e 5.13 discriminam os parâmetros do projeto realizado por uma das indústrias produtoras de celulose com capacidade de 720 t/d para consumir carvão mineral (38,5% de cinzas) na geração de vapor.³⁵

TABELA 5.12

RESUMO DO INVESTIMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL
POR CARVÃO MINERAL NA GERAÇÃO DE VAPOR

DISCRIMINAÇÃO	VALOR (Mil ORTN)	%
Construção Civil	341,5	9,3
Equipamentos Nacionais	1.960,0	53,3
Equipamentos Estrangeiros	215,2	5,8
Montagem e Instalação	396,4	10,8
Engenharia e Administração	132,3	3,6
Fretes e Seguros	133,6	3,6
Despesas Financeiras	220,1	6,0
Outras Despesas	278,4	7,6
TOTAL	3.677,4	100,0

FONTE: BNDES.

³⁵Para a outra indústria que consome carvão mineral, o projeto disponível apresenta características bastante particulares, pois o carvão é utilizado juntamente com a casca de madeira. Além disto, como esta indústria já havia substituído parte do óleo combustível, os investimentos do projeto referem-se à substituição do restante do óleo e, também, à implantação de uma fábrica de peletização de biomassa, a ser utilizada no forno de cal.

TABELA 5.13

BALANÇO ANUAL DE CUSTO E DEMANDA DE COMBUSTÍVEL

DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE (t)	VALOR* (ORTN)
Consumo de carvão mineral	171.931	475.306
Economia de óleo combustível	70.483	1.405.870
Economia líquida	-	930.564

* Valores de abril de 1981.

A comparação dos investimentos por tonelada de óleo combustível economizada (52,17 ORTN) com os apresentados na Tabela 5.7 revela que estes só não são superiores aos efetuados pela empresa 3, cujo investimento inclui outras alterações energéticas. Além disso, o nível de substituição daquela é superior ao desta. Portanto, tomando-se por base este projeto, pode-se dizer que a substituição do óleo combustível por carvão mineral é economicamente menos atraente que a substituição por biomassa.³⁶

5.3.3 - Bagaço de Cana

O crescimento da produção nacional de cana-de-açúcar nos últimos anos possibilitou o surgimento do bagaço de cana como alternativa energética nas regiões próximas às indústrias de açúcar e álcool.

Na fabricação de celulose a partir de bagaço de cana, após o processamento do bagaço, obtém-se a medula, 30% da quantidade de bagaço processado que é também usado como combustível. Utilizando este subproduto do processo produtivo, associado ao próprio bagaço,

³⁶ A empresa justifica a opção adotada alegando que não havia disponibilidade de madeira energética para complementação das suas necessidades, uma vez que os resíduos do processo são insuficientes.

uma indústria de Pernambuco substituiu 48% do consumo de óleo combustível.

O bagaço de cana, cuja estrutura orgânica é semelhante à da madeira (daí o seu uso como matéria-prima para celulose), tem condições de se tornar o segundo substituto do óleo combustível depois da biomassa, podendo inclusive ser utilizado simultaneamente. Entretanto, deve-se ressaltar alguns problemas no uso deste energético, como:

a) combustão espontânea do bagaço estocado, exigindo cuidados especiais;

b) degradação na estocagem; e

c) peso específico muito baixo (120 kg/m^3), devido ao teor de umidade, havendo necessidade de grandes áreas para estocagem, além de implicar um alto custo de transporte.

Para solução destes problemas na estocagem, há necessidade de investimentos adicionais para transformação física do bagaço a fim de aumentar o seu peso específico, reduzindo assim o espaço de estocagem e o custo do transporte.³⁷ Contudo, isto não tem constituído empecilho ao uso do bagaço de cana como substituto do óleo combustível na geração de vapor. Tanto que, atualmente, pelo menos quatro empresas, localizadas nos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, estão usando bagaço de cana associado à lenha ou cavaco na geração de vapor, representando aproximadamente 1% do consumo de energia térmica do setor de papel e celulose.

Independente do beneficiamento do bagaço, sua utilização apresenta vantagens econômicas sobre o óleo combustível. Como se pode observar pelos parâmetros apresentados na Tabela 5.14, o custo do bagaço de cana a granel, com 50% de umidade, é 33% inferior ao do

³⁷ A utilização de prensas e fardadoras, de baixo custo, permite a obtenção de fardos de bagaço de até 300 kg/m^3 , que são amarrados com arame fino, garantindo o formato por muito tempo, facilitando o transporte e, também, diminuindo o seu custo. Além disso, possibilita a formação de pilhas e, assim, a circulação de ar entre as mesmas, auxiliando a secagem, evitando a fermentação e diminuindo os riscos de incêndio. Existe também a possibilidade do uso de briquetadoras (toletes de bagaço) ou de peletizadoras (pellet) ambas de custo elevado.

óleo combustível. Para o bagaço briquetado (15% de umidade) a vantagem é ainda bem maior, sendo que seu custo é 74% inferior ao do óleo combustível.

TABELA 5.14

CUSTO COMPARATIVO - ÓLEO COMBUSTÍVEL X BAGAÇO DE CANA

DISCRIMINAÇÃO	BAGAÇO COM 50% DE UMIDADE	BAGAÇO COM 15% DE UMIDADE (após briquetagem)
Fator de equivalência com o óleo combustível	6,5	2,8
Custo do bagaço (Cr\$/t)	15 799,00	14 449,00
Relação de preços (bagaço/óleo)	0,67	0,26

FONTES: Informações obtidas junto ao BNDES; e Confederação Nacional da Indústria (1983). Preços de dezembro de 1983.

Na Tabela 5.15 são apresentados os valores de dois projetos de substituição de óleo combustível por bagaço de cana na produção de vapor em indústria integrada na região Nordeste.³⁸ O primeiro objetiva a implantação de uma nova caldeira para queima do bagaço e medula e o segundo pretende adaptar uma caldeira a óleo combustível desativada, possibilitando a queima dos novos energéticos (bagaço de cana e medula).

A adaptação da caldeira acarretou uma economia de aproximadamente 58% no investimento por tonelada de óleo economizada, porém permitiu um nível de substituição bastante inferior também. No primeiro projeto, o prazo de retorno do investimento é de aproximadamente 30 meses e, no segundo, de 16 meses.

³⁸ Estes projetos referem-se a uma mesma unidade industrial: o primeiro, que previa a instalação de uma nova caldeira, foi substituído pelo segundo (adaptação de caldeira a óleo desativada), com significativa redução no investimento.

TABELA 5.15

INVESTIMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL
POR BAGAÇO DE CANA

DISCRIMINAÇÃO	PROJETO 1	PROJETO 2
Valor do investimento (ORTN)	280 412	56 811
Economia de óleo combustível (t/ano)	9 600	4 600
Economia líquida anual na geração de valor/ORTN	111 469	42 330
Investimento/economia anual de óleo com bustível (ORTN/t)	29,20	12,35
Nível de substituição (%)	100	48

FONTES: Informações obtidas junto ao BNDES.

5.3.4 - Gás natural

O gás natural é usado no setor desde 1981, quando a Aracruz de Celulose, localizada no Espírito Santo, passou a utilizá-lo em substituição ao óleo combustível no forno de cal associado aos gases não condensáveis e ao hidrogênio, subprodutos de suas unidades de cloreto de sódio e cloro-soda. Tal alternativa foi possível devido à existência de um poço de exploração de petróleo nas proximidades da fábrica (40 km).

Porém, a substituição do óleo combustível por gás natural se dará principalmente na etapa de geração de vapor das indústrias não-integradas produtoras de papel. Existem duas destas indústrias, no Estado do Rio de Janeiro, com projetos neste sentido já em desenvolvimento, dependendo das decisões governamentais sobre a distribuição do gás natural.

Nas indústrias não-integradas localizadas em regiões onde há disponibilidade de gás natural, este combustível tem todas as condições de substituir o óleo combustível na geração de vapor, pois, além de ser mais econômico, não apresenta problemas de poluição e de estocagem.

5.3.5 - Energia elétrica

Assim como o gás natural, tecnicamente, a energia elétrica apresenta condições ideais para substituir o óleo combustível na geração de vapor em fábricas urbanas, em especial nas não-integradas produtoras de papel. A caldeira elétrica exige pouca manutenção, apresenta altos índices de eficiência, é não poluente e dispensa as áreas de estocagem de combustível. Considerando seu fornecimento a custos reduzidos, como no caso da energia garantida por tempo determinado (EGTD), torna-se competitiva em relação ao óleo combustível.

O grande problema do uso da eletrotermia no setor é que, justamente nas áreas onde seria a solução ideal para substituição do óleo, as urbanas e com problemas de espaço, seu fornecimento é dificultado pela falta de capacidade das linhas de transmissão já saturadas.

Outros fatores limitantes ao uso de eletrotermia são os investimentos elevados, caso haja necessidade de substituição da subestação de entrada, e a previsão de término da EGTD. Entretanto, o interesse das concessionárias em vender a energia tem feito com que estas procurem estudar o problema com cada empresa, buscando contornar a primeira limitação citada. Quanto ao término da tarifa reduzida em 1986, embora seja citado por muitos como impedimento à implantação da eletrotermia neste setor, parece não preocupar alguns empresários do setor que continuam com projetos de instalação de caldeiras elétricas, sendo que em 1984 está prevista a entrada em operação de cinco caldeiras elétricas, que substituirão cerca de 24.547 toneladas de óleo combustível por ano.

A implantação destas últimas elevará a oito o número de caldeiras elétricas em funcionamento no setor de papel e celulose, sendo seis em fábricas de papel, no Estado de São Paulo, e duas em indústrias integradas, situadas nos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, totalizando assim a substituição de aproximadamente 49.000 toneladas de óleo combustível por ano.

Além da substituição do óleo combustível na geração de vapor, a energia elétrica vem sendo utilizada, nas indústrias de papel sanitário, como alternativa ao óleo diesel nos secadores. Duas unidades em São Paulo optaram por esta solução na secagem do papel e existem mais três com projetos de instalação de secador, também alimentados por resistências elétricas, que deverão entrar em operação em 1984, resultando na economia de 3.419 toneladas anuais de óleo combustível.

Atualmente, a utilização da energia elétrica (tarifa EGTD) permite uma redução de custos de quase 50% por GCAL consumida.³⁹ Para que se tenha uma idéia do que isto representa em termos de recuperação do capital investido na substituição, tome-se, por exemplo, a substituição de uma caldeira a óleo com capacidade de 10 t/h de vapor por uma caldeira elétrica equivalente, consumindo EGTD. Tal substituição permite uma economia anual de US\$ 275,120, já descontado o imposto sobre o lucro. Considerando-se que o custo global da caldeira, incluindo instalação, obras civis, etc., é de US\$ 216,000.00 verifica-se que o retorno do capital ocorre em aproximadamente um ano.⁴⁰

Nas Tabelas 5.16 e 5.17 são apresentados os dados referentes a um projeto de substituição de 45% do óleo combustível, que prevê o consumo de EGTD em caldeira com capacidade de 24,7 t/h de vapor, ocasionando a redução de 9.080 t de óleo por ano. O investimento por tonelada de óleo combustível economizada (6,4 ORTN) é inferior ao das outras alternativas e o retorno do investimento se dará em aproximadamente nove meses.

³⁹Preços de junho de 1984: óleo combustível = Cr\$ 290.000,00/t; energia elétrica (EGTD) = Cr\$ 13.081,00/MWH. Poder calorífico: óleo combustível = 10,46 GCAL/t; energia elétrica = 0,86 GCAL/t.

⁴⁰Em geral, o prazo de retorno dos investimentos em caldeiras elétricas varia no máximo até dois anos, o que viabiliza a instalação destas caldeiras até 1984, tendo em vista o término da EGTD em 1986.

Concluindo, pode-se dizer que, havendo disponibilidade de linhas de transmissão, a substituição do óleo combustível por eletrotermia, com tarifas de EGTD, é atrativa principalmente para as fábricas urbanas, pois, além de proporcionar rápido retorno do capital investido, soluciona, também, problemas de poluição ambiental e espaço. Entretanto, caso seja necessário a implantação de subestação de entrada, sabe-se que o investimento atinge níveis bem mais elevados, sendo estimado um acréscimo correspondente a três ou quatro vezes o valor da caldeira elétrica.

TABELA 5.16

RESUMO DO INVESTIMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DO
ÓLEO COMBUSTÍVEL POR ENERGIA ELÉTRICA

DISCRIMINAÇÃO	VALOR* (ORTN)	%
Construção Civil	2.014	3,5
Transformador	20.145	36,1
Caldeira Elétrica	19.138	34,3
Material de Instalação Mecânica e Elétrica	8.058	14,4
Engenharia	2.014	3,6
Montagem Mecânica/Elétrico	2.014	3,6
Despesas Financeiras	1.702	3,0
Outras Despesas	746	1,4
TOTAL	55.831	100,0

FONTE: Informações obtidas junto ao BNDES.

Valores: agosto de 1983.

TABELA 5.17

BALANÇO ANUAL DE CUSTOS

DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	VALOR (ORTN)
Economia de Óleo Combustível	9.080 t	193.930
Consumo Adicional de Energia Elétrica (EGTD)	86.355 Mwh	(90.035)
TOTAL		103.895

FONTE: Informações obtidas junto ao BNDES.

Preços de agosto de 1983.

5.4 - Conclusões

O processo de substituição dos derivados de petróleo na indústria de papel e celulose vem apresentando variações nos diversos subsetores, conforme caracterizado na Tabela 5.18. De acordo com suas características e localização, as indústrias sofreram diferentes alterações em seu perfil energético.

No subsetor de celulose, em 1981, a participação dos combustíveis alternativos já havia superado os derivados de petróleo, sendo que, até 1983, a biomassa respondeu por mais de 90% do consumo de combustíveis alternativos, ficando o restante por conta do gás natural. A partir deste ano, registra-se a participação do carvão mineral, (cerca de 31% do consumo de combustíveis alternativos nos três primeiros trimestres de 1984).

Nas produtoras de celulose fibra longa integradas, as mudanças não foram tão radicais, visto que já eram consumidoras de lenha e carvão mineral (a maioria das indústrias deste subsetor estão localizadas na região Sul). As maiores alterações ocorreram nas indústrias produtoras de celulose fibra curta, onde o consumo específico de energia alternativa cresceu mais de 300% no período 1980/83. A biomassa responde pela maior parte do consumo de alternativos neste subsetor, que consome também bagaço de cana e energia elétrica.

Nas indústrias que só produzem papel, a penetração dos combustíveis alternativos tem sido mais lenta que nas demais, face às limitações apresentadas por estes grupamentos. As principais alternativas adotadas nestas indústrias têm sido a biomassa e a energia elétrica, com participações aproximadas de 85 e 13%, respectivamente.

Nos investimentos realizados para substituição do óleo combustível, observa-se que o item equipamentos responde, em média, por mais de 50% dos investimentos totais e a participação dos equipamentos importados é sempre inferior a 5% do item.

TABELA 5.18

EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS ENERGÉTICOS NO CONSUMO DOS SUBSETORES DA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE*

(Em %)

SUBSETORES	1981			1982			1983			1984**		
	Deriva- dos de Petrô- leo	Energê- ticos Alterna- tivos	Total									
Celulose	45,6	54,4	100,0	42,0	58,0	100,0	36,5	63,5	100,0	27,1	72,9	100,0
Integradas Fi- bra Curta	88,1	11,9	100,0	77,3	22,7	100,0	44,4	55,6	100,0	29,5	70,5	100,0
Integradas Fi- bra Longa	29,1	70,9	100,0	26,9	73,1	100,0	23,2	76,8	100,0	19,8	80,2	100,0
Papel	73,9	26,1	100,0	65,1	34,9	100,0	52,6	47,4	100,0	39,9	60,1	100,0
Papel Sanitá- rio	74,1	25,9	100,0	59,7	40,3	100,0	41,9	58,1	100,0	23,9	76,1	100,0

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1984b).

* Excluída a lixívia negra.

** Jan./set.

A Tabela 5.19 permite ter uma idéia dos prazos de retorno dos investimentos para substituição do óleo combustível nos projetos apresentados anteriormente. Novamente, ressalta-se que, como os investimentos referem-se a projetos e não a substituições efetivadas, a análise dos dados deve ser cautelosa.

Os investimentos para substituição do óleo combustível por energia elétrica são os que apresentam retorno mais rápido, vindo em seguida os realizados para substituição por bagaço e biomassa e, por último, com prazo de retorno bastante superior, o carvão mineral.

TABELA 5.19

PRAZO DO RETORNO DO INVESTIMENTO

DISCRIMINAÇÃO	LENHA			CARVÃO MINERAL	BAGAÇO DE CANA		ENERGIA ELÉTRICA
	Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	Projeto 6	Projeto 7
Valor do Investimento Total	100,0	100,00	100,09	100,0	100,0	100,0	100,0
Valor da Economia Anual	51,8	61,6	13,1	25,3	74,5	39,7	186,0
Valor da Economia Mensal	4,3	5,1	1,1	2,1	6,2	3,3	15,5
Prazo de Retorno (meses)	23,2	19,6	91,0	47,5	16,0	30,3	6,5
Taxa Interna de Retorno* (%)	52,9	62,5	11,7	25,4	75,9	40,5	187,0

* O cálculo da taxa interna de retorno foi feito tomando-se como base uma vida útil de 20 anos.

6 - CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

6.1 - Introdução

Concluída a análise da evolução do consumo de energia no setor de papel e celulose e verificadas as perspectivas de substituição dos derivados de petróleo nos próximos anos, resta estimar a demanda dos principais energéticos consumidos no setor, tendo em vista sua nova estrutura.

Com esta finalidade, foram elaborados dois cenários para o setor de papel e celulose abrangendo o período 1984/2000. Ressalte-se que em todos os cenários está implícita a hipótese de que os preços relativos dos energéticos se manterão constantes e que os incentivos para a substituição do óleo combustível continuarão existindo.

O primeiro cenário (conservador) mantém as participações dos energéticos alternativos como as verificadas em 1983. O segundo inclui previsões de maior participação de alguns substitutos de óleo combustível, tendo sempre por base as reduções de consumos deste energético previstas no Protocolo de Objetivos do setor. Independente das hipóteses dos cenários, quando foi possível obter as estimativas de consumo específico dos energéticos, através de dados das próprias indústrias, foram adotados estes valores.

6.2 - Metodologia

A metodologia adotada para se estimar a demanda energética do setor obedeceu às seguintes etapas:

a) estimativa do consumo de papel por categoria (imprensa periódica, imprimir, escrever, para fins sanitários, especiais, cartões e cartolinas);

b) estimativa da produção de celulose a partir dos coeficientes técnicos para produção de papel, considerando também a parcela destinada à exportação e mantendo-se os níveis das indústrias exportadoras do setor; e

c) determinação da produção de cada fábrica, daí derivando-se, com base nos consumos específicos de energia, a demanda energética a nível de fábricas.

A seguir, proceder-se-á à descrição de cada uma dessas etapas, bem como às razões de adotá-las.

6.2.1 - Estimativa do consumo de papel

No setor papelero são considerados sete tipos de papel: imprensa periódica, imprimir, escrever, embalagens, sanitários, especiais, cartões e cartolinas.

Em princípio, a idéia era correlacionar o consumo de cada tipo com a produção dos setores de atividades demandantes. Porém, as dificuldades na obtenção dos dados para construção de séries históricas e, mais ainda, das estimativas para extrapolação fizeram com que a única opção fosse a correlação com o Produto Interno Bruto (PIB).

Assim, as previsões do consumo nacional de papel por tipos foram obtidas com base nas taxas previstas para o crescimento anual do PIB (Tabela 6.1).

TABELA 6.1

TAXAS PREVISTAS DE CRESCIMENTO ANUAL DO PIB

PERÍODOS	TAXAS (%)
1984	3,0
1985	3,0
1986	4,0
1987/88	5,0
1989/93	5,5
1994/2000	6,5

Para a estimativa das equações foram consideradas séries abrangendo o período 1962/82. Os tipos imprimir e escrever passaram a constituir um único tipo, bem como os papéis especiais, cartões e cartolinas, que aparecem agregados no tipo "Outros" e nas equações econométricas relacionadas abaixo, sendo que a discussão para seleção das melhores estruturas é apresentada no Anexo 10.

Equações econométricas selecionadas:

a) Papel Imprensa - CIMP

$$\begin{aligned} \ln CIMP &= 1,09305 + 0,53626 \ln CIMP_{-1} + \\ &+ 0,46380 \ln PIB - 0,24872 \ln PIB_{-1} \end{aligned}$$

b) Imprimir e Escrever - CIMES

$$\ln CIMES = 1,17992 + 0,83566 \ln PIB$$

c) Embalagem - CEMB

$$\ln CEMB = 1,19901 + 0,90583 \ln PIB$$

d) Sanitários - CSAN

$$\begin{aligned} \ln CSAN &= -0,78931 + 0,72552 \ln CSAN_{-1} + \\ &+ 1,6172 \ln PIB - 1,17331 \ln PIB_{-1} \end{aligned}$$

e) Outros - COUT

$$\ln COUT = -2,10637 + 1,42932 \ln PIB$$

6.2.2 - Estimativa da produção de celulose

As projeções de consumo de celulose foram derivadas daquelas referentes ao consumo do papel, a partir da composição média dos diversos tipos de papel, apresentada na Tabela 3.1

Apesar de haver uma previsão de exportação proposta pelo Programa de Exportação do Setor,¹ adotaremos outras estimativas, pois se considerarmos os projetos e intenções de investimento do setor, aqueles valores previstos são bastante improváveis pelo menos até 1990, já que o excedente exportável não alcançaria tais níveis. Assim, considerar-se-á como previsão de exportação de celulose a parcela da produção que as quatro unidades do setor, voltadas para a exportação, reservam para o mercado externo. Nos dois últimos anos as vendas externas destas unidades corresponderam a cerca de 75% da produção. As exportações das demais fábricas no referido período não superaram 1% do total produzido por elas. Portanto, supondo-se que 75% da produção dessas quatro unidades serão destinados à exportação, acredita-se não se estar incorrendo em grande erro.²

6.2.3 - Estimativa da demanda energética

A alocação da produção nacional entre as fábricas no período 1984/86 foi feita de acordo com a participação das mesmas no total produzido em 1982. No período restante (1987/2000) considerou-se a participação de cada unidade no total da capacidade instalada, levando-se em conta as previsões de ampliação da capacidade produtiva existentes até 1990. Supôs-se que o excesso de demanda seria atendido pela implantação de novas fábricas na região de localização da fábrica que gerou o excesso.

A projeção do consumo de cada combustível obedeceu a dois critérios: nas indústrias para as quais se dispunha de informa-

¹Previsões do Programa de Exportação de Celulose: 1985 = 5.000.000 t; 1990 = 10.000.000 t; e 2000 = 20.000.000 t.

²Na determinação da quantidade da demanda de celulose para o mercado interno que se pode alocar em cada fábrica (Subseção 6.2.3), considerar-se-á nestas fábricas apenas 25% da capacidade instalada, ficando os 75% restantes destinados à exportação.

TABELA 6.2
PROJEÇÃO DO CONSUMO POR TIPOS DE PAPEL

ANOS	IMPrensa	IMPRIMIR	ESCREVER	EMBALAGEM	ESPECIAIS	SANITÁRIOS	CARTÕES E CARTOLINAS	TOTAL
1984	334.102	447.334	274.173	1.381.014	120.862	224.194	404.624	3.186.303
1986	341.369	485.130	297.338	1.499.665	133.340	242.007	446.400	3.445.249
1988	356.116	544.348	333.632	1.685.859	153.303	278.258	513.233	3.864.749
1990	373.925	617.646	378.558	1.916.782	178.653	327.693	598.101	4.391.358
1995	426.934	866.127	530.852	2.702.652	269.086	516.439	900.853	6.212.943
2000	494.060	1.255.846	769.712	3.942.354	422.038	857.880	1.412.910	9.154.800

ções¹ sobre substituições do óleo combustível realizadas ou por realizar, optou-se por estes dados; para as demais, as projeções de consumo de energéticos foram obtidas através de dois cenários.

6.3 - Cenários

6.3.1 - Cenário conservador

No primeiro cenário, considerou-se a hipótese de que as empresas para as quais não se dispunha de informações manteriam o mesmo perfil energético apresentado em 1980² (os resultados deste cenário aparecem na Tabela 6.4). Em relação ao consumo específico de óleo combustível, o cenário prevê uma queda de 40% entre 1983 e 2000. A biomassa (lenha ou resíduos) aparece como o principal energético do setor, respondendo no ano 2000 por mais de 60% do consumo de energia térmica no setor. A participação do carvão mineral fica em torno de 5%, cabendo aos demais energéticos alternativos 5% do total da energia térmica consumida no setor no ano 2000.

TABELA 6.3

PROJEÇÃO DO CONSUMO DE CELULOSE

ANOS	FIBRA LONGA	FIBRA CURTA	TOTAL
1984	820 659	1.719.090	2.539.750
1986	889.065	1.868.445	2.757.510
1988	998.334	2.042.088	3.040.422
1990	1.134.866	2.281.242	3.416.107
1995	1.604.690	3.077.996	4.682.686
2000	2.358.428	4.550.656	6.909.084

¹Incluem-se entre as fontes de informações a consulta aos fabricantes, os dados da ANFPC e os projetos de substituição energéticos apresentados aos agentes financeiros governamentais pleiteando financiamento para estas substituições.

²Dados obtidos junto ao Conselho Nacional de Petróleo.

TABELA 6.4

EVOLUÇÃO PREVISTA DO CONSUMO DE ENERGIA E DA PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE - CENÁRIO CONSERVADOR

ENERGÉTICOS	ANOS					
	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	589.929	592.169	617.681	719.681	873.150	905.665
Óleo Diesel (m ²)	2.132	1.961	451	530	749	749
Lenha (m ³)	5.152.863	5.559.269	6.474.194	7.407.104	11.541.766	11.541.766
Resíduos (t)	551.782	963.349	1.055.170	1.165.099	1.460.068	1.460.068
Carvão Mineral (t)	352.871	370.723	377.748	385.406	387.838	387.838
Bagaco de Cana (t)	110.093	119.520	194.396	247.279	431.985	586.218
Gás Natural (10 ³ m ³)	8.651	43.899	47.438	55.018	64.000	64.000
Outros (Gcal)	189	205	249	298	452	452
Total de Combustíveis (Gcal)	15.772.973	17.795.633	19.705.441	22.360.404	30.118.979	38.523.103
Energia Elétrica (Mwh)	3.708.207	4.362.976	4.742.759	5.249.500	6.576.043	8.253.768
Total (Gcal)	19.534.470	22.270.693	24.448.200	27.609.904	36.695.021	46.776.871

6.3.2 - Cenários de substituição

Nestes cenários supõe-se que todas as indústrias farão a substituição do óleo combustível, baseando-se em níveis próximos aos estabelecidos pelo Protocolo de Objetivos. Assim, considerou-se a redução gradativa do consumo observado em 1980, variando de 45% em 1986 para 95% no ano 2000. Ressalte-se, novamente, que as hipóteses dos cenários são válidas apenas para as indústrias para as quais não se dispõe de informações a respeito de seu perfil energético.

Com a finalidade de analisar as variações decorrentes de diferentes níveis de penetração dos diversos combustíveis alternativos, foram feitas três simulações de acordo com as hipóteses apresentadas a seguir.

Primeira Hipótese

Nesta hipótese o perfil de substituição do óleo combustível manter-se-á como observado em 1983 (na Tabela 6.5 são apresentados os resultados desta simulação). Observa-se, até o ano 2000, a redução de 80% no consumo específico de óleo combustível, em relação a 1983, sendo 7,8 a participação deste energético no total de energia térmica consumido no setor naquele ano. A colocação dos energéticos substitutos no consumo total de energia térmica permanece a mesma, aparecendo em primeiro lugar a biomassa, seguindo-se o carvão, o bagaço de cana e outros, com participações de 79,4, 6,4, 4 e 2,4%, respectivamente.

Segunda Hipótese

A segunda hipótese prevê, a partir de 1986, maior utilização de carvão mineral, bagaço de cana, gás natural e energia elétrica (no caso de continuação da EGTD) nos respectivos setores onde estes energéticos eram consumidos em 1983, em detrimento do consumo

TABELA 6.5

EVOLUÇÃO PREVISTA DE CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE - CENÁRIO DE SUBSTITUIÇÃO

(Primeira Hipótese)

ENERGÉTICOS	ANOS					
	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	452.628	271.506	263.401	281.885	287.296	288.922
Óleo Diesel (m ²)	2.132	1.961	451	530	749	749
Lenha (m ³)	6.046.598	7.746.669	8.890.724	10.381.922	15.382.552	21.336.647
Resíduos (t)	616.614	1.042.105	1.151.784	1.287.445	1.723.317	2.110.710
Carvão Mineral (t)	375.179	434.108	441.238	468.080	484.683	490.048
Bagaco de Cana (t)	126.490	154.035	234.654	295.206	503.553	663.454
Gás Natural (10 ³ m ³)	8.651	43.899	47.438	52.760	64.000	64.000
Outros (Gcal)	189	205	249	298	452	452
Total de Combustíveis (Gcal)	15.743.264	17.731.554	19.503.525	22.117.903	29.794.713	38.191.605
Energia Elétrica (Mwh)	4.408.379	5.278.069	5.749.621	6.386.048	8.023.614	9.982.868
Total (Gcal)	19.534.470	22.270.693	24.448.200	27.609.904	36.695.021	46.776.871

de biomassa¹ (a evolução prevista do consumo energético para esta hipótese aparece na Tabela 6.6).

Embora esta hipótese permita o aumento da participação dos outros energéticos alternativos² em detrimento do consumo de lenha, não são observadas grandes alterações no perfil de consumo em relação à hipótese anterior. As participações da biomassa, do carvão mineral, do bagaço de cana, do gás natural e da energia elétrica obtidas nesta hipótese são, respectivamente, de 72,5, 8,2, 5,2, 2,2 e 4,0%. Contudo, este resultado não causa surpresa, uma vez que as hipóteses das simulações são válidas apenas para as indústrias das quais não se dispõe de informações sobre a estrutura energética (menos de 50% do total). Ressalte-se que o aumento do consumo de bagaço de cana é devido à sua utilização em indústrias de papel e integradas fibra curta, o mesmo ocorrendo com a energia elétrica.

Terceira Hipótese

Supõem-se alterações do perfil energético de acordo com a localização regional das indústrias. Assim, permitir-se-á, a partir de 1986, a utilização de carvão mineral também na região Sudeste, de gás natural na região Nordeste, além de maior penetração deste na região Sudeste, aumento do consumo de bagaço de cana nas regiões Nordeste e Sudeste e, finalmente, retração do consumo de energia elétrica (EGTD), tendo em vista o término da tarifa reduzida a partir deste ano (os resultados obtidos nesta hipótese são apresentados na Tabela 6.7).

¹Deve-se ter em mente que para estas simulações de cenários de substituição, as reduções do consumo de óleo combustível permanecem as mesmas nas três hipóteses, variando apenas o perfil de consumo dos energéticos alternativos.

²Supõe-se que a participação do carvão mineral, do bagaço de cana, do gás natural e da energia elétrica aumentaria cerca de 10%, comparada a 1983, em cada subsetor onde estes eram consumidos neste ano.

TABELA 6.6

EVOLUÇÃO PREVISTA DO CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE
PAPEL E CELULOSE - CENÁRIO DE SUBSTITUIÇÃO

(Segunda Hipótese)

ENERGÉTICOS	ANOS			
	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	263.401	281.885	287.296	288.922
Óleo Diesel (m ³)	451	530	749	749
Lenha (m ³)	7.702.450	8.924.718	13.447.663	19.134.939
Resíduos (t)	1.151.784	1.287.445	1.723.317	2.110.710
Carvão Mineral (t)	540.458	594.710	636.069	647.679
Bagaçõ de Cana (t)	364.639	450.480	721.935	893.087
Gás Natural (10 ³ m ³)	47.438	52.760	64.000	85.464
Total de Combustíveis (Gcal)	18.816.554	21.288.457	28.645.441	36.985.919
Energia Elétrica (Mwh)	6.548.426	7.350.519	9.359.978	11.384.828
Total (Gcal)	24.448.200	27.609.904	36.695.021	46.776.871

TABELA 6.7

EVOLUÇÃO PREVISTA DO CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE
PAPEL E CELULOSE - CENÁRIO DE SUBSTITUIÇÃO

(Terceira Hipótese)

ENERGÉTICOS	ANOS			
	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	263.401	281.885	287.296	288.922
Óleo Diesel (m ³)	451	530	749	749
Lenha (m ³)	8.358.718	9.723.303	14.430.653	20.132.041
Resíduos (t)	1.151.784	1.287.445	1.723.317	2.110.710
Carvão Mineral (t)	528.280	573.683	621.678	634.601
Bagaçõ de Cana (t)	375.408	465.680	752.670	921.752
Gás Natural (10 ³ m ³)	60.901	70.522	93.547	116.650
Total de Combustíveis (Gcal)	19.705.441	22.360.404	30.118.979	38.523.103
Energia Elétrica (Mwh)	5.514.836	6.104.069	7.646.561	9.597.405
Total (Gcal)	24.448.200	27.609.904	36.695.021	46.776.871

6.4 - Conclusões

As projeções obtidas para o setor de papel e celulose prevêem um crescimento do consumo de papel e celulose a taxas médias anuais em torno de 7% no período 1984/2000.

A demanda de energia do setor foi estimada de acordo com vários cenários. No cenário conservador, tem-se um limite superior para o consumo de óleo combustível. Na primeira hipótese do cenário de substituição, os consumos previstos para os energéticos alternativos podem ser considerados como valores médios. Os valores apresentados pelas simulações baseadas nas segunda e terceira hipóteses deste cenário, que prevêem expansão do consumo de carvão mineral, gás natural, bagaço de cana e energia elétrica, não constituem limites superiores para o consumo deste energético, servindo apenas para avaliar as modificações que ocorrem no setor se houver disponibilidade de oferta destes energéticos. As projeções do consumo energético em cada região são apresentadas nos Anexos 11 a 14.

A Tabela 6.8 apresenta, para o ano de 1990, a participação dos diversos energéticos no consumo de energia térmica no setor de papel e celulose, de acordo com os diversos cenários.

TABELA 6.8

PARTICIPAÇÃO DOS DIVERSOS ENERGÉTICOS NO CONSUMO DE ENERGIA TÉRMICA DO SETOR DE PAPEL E CELULOSE - 1990

ENERGÉTICOS	CONSERVADOR	CENÁRIO DE SUBSTITUIÇÃO		
		Primeira Hipótese	Segunda Hipótese	Terceira Hipótese
Óleo Combustível	33,5	13,1	13,1	13,1
Biomassa	52,8	69,9	62,1	66,3
Carvão Mineral	8,9	10,6	13,1	12,7
Bagaço de Cana	2,5	2,9	4,5	4,7
Gás Natural	2,3	2,3	2,3	3,2
Energia Elétrica	1,0	1,2	4,9	0,0

7 - CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi fazer uma análise dos processos de conservação de energia e substituição do óleo combustível na indústria de papel e celulose, buscando-se quantificar a demanda de energéticos do setor nos próximos anos. Para tal, fez-se necessário um estudo de todos os aspectos que direta ou indiretamente devem ser considerados na estimativa de consumo energético.

A indústria de papel no Brasil, surgida na segunda metade do século, começou a registrar progressos significativos a partir de 1930, sendo que as exportações iniciaram-se em 1960. Também neste ano a produção de celulose, que até 1954 era irrelevante, começou a ter maior expressão, substituindo parte das importações.

O setor apresenta altos índices de concentração, seja em relação à distribuição geográfica ou à distribuição empresarial. A concentração geográfica é mais notada na produção de papel, com o Estado de São Paulo sendo responsável por mais de 50% da produção, e na produção de celulose fibra longa, onde os Estados do Sul respondem por cerca de 80% da produção. A concentração empresarial é mais sentida na produção de celulose, sendo que 10 das 45 produtoras (integradas ou não) responderam, em 1983, por 80% da produção.

O setor de papel e celulose caracteriza-se como intensivo em capital, devido à necessidade de elevados investimentos em equipamentos e infra-estrutura. Em caso de expansão, os custos são significativamente mais baixos pelo aproveitamento das obras de infra-estruturas já existentes.

Em relação aos custos de produção, o item matéria-prima é responsável pela maior parcela destes, aparecendo em seguida os itens mão-de-obra, encargos financeiros e gastos diretos, que incluem despesas com energia.

No setor de papel e celulose, o consumo de energia ocorre basicamente para geração de vapor, sendo as operações de cozimento

e secagem as grandes consumidoras deste serviço energético. Destaca-se, também, a utilização de vapor na evaporação (etapa de recuperação), que tem o objetivo de preparar o licor resultante do cozimento para a queima na caldeira de recuperação, tornando-o mais concentrado.

Até 1981, os derivados de petróleo eram responsáveis por quase todo o consumo de energia no processo produtivo do setor papelero, embora registre-se também consumo de biomassa (lenha e resíduos), principalmente nas indústrias produtoras de celulose fibra longa, e de carvão mineral na região Sul.

A partir de 1977, a Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose iniciou entre seus associados um programa de conscientização da necessidade de racionalizar o uso de derivados de petróleo e até mesmo substituí-los por combustíveis alternativos, tendo em vista a crise energética iniciada em 1973, com o primeiro choque do petróleo. A adoção de medidas de conservação resultaram na redução de aproximadamente 10% no consumo de óleo combustível até março de 1979.

As substituições de derivados de petróleo no setor de papel e celulose foram dinamizadas a partir da fixação de cotas de fornecimento do óleo combustível, que colocou em dificuldades algumas indústrias que já operavam com maior eficiência, e também com a assinatura do Protocolo de Objetivos (outubro de 1980) firmado com o Governo, que estabelecia metas de redução do consumo daquele derivado.

A biomassa tornou-se o principal substituto do óleo combustível, sendo utilizada em todos os subsetores da indústria papelera. Além do preço atraente da lenha, que, em comparação com o do óleo combustível, permite, em alguns casos, um retorno de investimento na substituição inferior a dois anos, nas fábricas de celulose a disponibilidade de resíduos de matéria-prima (madeira) fez com que esta opção fosse a mais natural. Assim, em 1983 a biomassa respondia por 52,6% do consumo de energia térmica no setor, sendo de aproximadamente 80% a participação das produtoras de celulose (integradas e não-integradas).

A alternativa de uso do carvão mineral foi adotada basicamente por duas indústrias produtoras de celulose localizadas na região Sul, embora houvessem planos para a sua utilização em outras indústrias, inviabilizados pelas características do carvão escolhido (40% de cinzas). O carvão mineral representou 7,5% do consumo de energia térmica no setor em 1983.

O bagaço de cana vem sendo utilizado nas indústrias localizadas próximas a usinas de açúcar e álcool e nas produtoras de celulose de bagaço de cana, em que este é também resíduo do processo.

A utilização de energia elétrica (EGTD) como substituto do óleo combustível e também do óleo diesel vem ocorrendo principalmente em indústrias produtoras de papel.

Entre todas as opções tecnicamente viáveis para o setor de papel e celulose, aquelas que requerem investimentos que apresentem menor prazo de retorno são a energia elétrica e a biomassa. Contudo, o uso de energia elétrica tornar-se-á inviável a partir de 1986, com o término da tarifa reduzida (EGTD). Para a biomassa, conclui-se a possibilidade de acréscimo do seu preço relativo numa faixa de até 60%, sem inviabilizar o seu uso como substituto do óleo combustível na geração de vapor em indústrias do setor (considerando-se uma taxa de desconto de 10% e o prazo de retorno de 10 anos).

Concluída a análise da evolução do consumo de energia no setor e de perspectiva do seu perfil energético nos próximos anos, partiu-se para a quantificação do consumo de energia no período 1984/2000.

Estimada a produção de papel e celulose, que crescerá a uma taxa média anual de aproximadamente 7%, elaborou-se dois cenários, um conservador e o outro prevendo substituições do óleo combustível, tendo em vista as reduções de consumo deste energético estabelecidas pelo Protocolo de Objetivos do setor de Papel e Celulose. Em todos os cenários considerou-se que os preços relativos se manteriam constantes.

No cenário conservador prevê-se a redução de 40% no consumo específico de óleo combustível no período 1983/2000. Neste cenário supõe-se que nas indústrias para as quais não foi possível obter dados atualizados de consumo de energia estes permaneceriam como os observados em 1980. O cenário de substituição apresenta uma redução de 80% no consumo específico de óleo combustível naquele período. Cabe ressaltar que as hipóteses destes cenários foram adotadas somente para as indústrias das quais não foi possível obter uma previsão de seu perfil energético.

Para os cenários de substituição foram consideradas três hipóteses. Na primeira mantém-se a participação dos energéticos alternativos constante e igual às observadas em 1983. Nesta hipótese foram obtidas, para a biomassa, o carvão mineral, o bagaço de cana e o gás natural, participações de 69,9, 10,6, 2,9 e 2,3%, respectivamente, no consumo energético do setor em 1990. Nas segunda e terceira hipóteses foram considerados maiores os níveis de penetração para os energéticos alternativos, excluída a biomassa, que teve seu consumo reduzido em função do aumento do consumo de carvão, bagaço de cana, gás natural e energia elétrica. Assim, foram obtidos os seguintes níveis de participação no consumo total de energético: para o carvão mineral, 13,1% e 12,7; para o bagaço de cana, 4,5 e 4,7%; para o gás natural 1, 2, 3 e 3,2%; e, para a energia elétrica, 4,9 e 0,0%, nas segunda e terceira hipóteses, respectivamente, para o ano de 1990.

ANEXO 1CELULOSE FIBRA LONGA

(Produção, Importação e Consumo Aparente)

ANOS	PRODUÇÃO (1.000 t)	IMPORTAÇÃO (1.000 t)	CONSUMO APARENTE (1.000 t)	PARTICIPAÇÃO DA IMPORTAÇÃO NO CONSUMO APARENTE (%)
1950	38,4	112,0	150,4	74,4
1955	50,2	100,2	150,4	66,6
1960	80,3	81,1	161,4	50,2
1965	166,2	5,9	152,1	3,8
1970	278,2	28,2	306,4	9,2
1971	292,1	68,9	361,0	19,1
1972	308,6	117,4	426,0	27,5
1973	329,8	118,5	448,3	26,4
1974	379,2	163,0	542,2	30,0
1975	358,8	80,5	439,3	18,3
1976	450,5	55,6	506,1	10,9
1977	509,1	48,1	557,2	8,6
1978	539,5	62,4	601,9	10,3
1979	607,0	58,7	665,7	8,8
1980	755,5	52,7	808,2	6,5
1981	742,0	21,2	763,2	2,7
1982	799,4	18,1	817,5	2,2
1983	870,1	ND	-	-

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1982a e 1984a); e Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982b).

ANEXO 2CELULOSE FIBRA CURTA

(Produção, Importação e Consumo Aparente)

ANOS	PRODUÇÃO (1.000 t)	EXPORTAÇÃO (1.000 t)	CONSUMO APARENTE (1.000 t)	PARTICIPAÇÃO DA EXPORTAÇÃO NA PRODUÇÃO (%)
1950	1,6	-	1,6	-
1955	23,0	-	23,0	-
1960	119,9	0,3	119,6	0,2
1965	203,9	17,5	186,4	8,5
1970	385,9	27,9	558,0	7,2
1971	429,4	22,4	407,0	5,2
1972	589,7	134,7	455,0	22,8
1973	641,9	189,0	452,9	29,4
1974	750,4	133,3	617,1	17,7
1975	830,8	151,9	678,9	18,2
1976	803,3	138,8	664,5	17,2
1977	933,2	92,9	900,3	9,9
1978	1.274,5	266,0	1.008,5	20,8
1979	1.840,8	578,6	1.262,2	31,4
1980	2.117,1	887,7	1.229,4	41,9
1981	2.053,7	952,9	1.100,8	46,3
1982	2.095,3	877,9	1.217,4	41,8
1983	2.148,3	972,4	1.175,9	45,2

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1982a e 1984a); e Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982b).

ANEXO 3

PRODUÇÃO DE PAPÉIS POR CATEGORIA

(Em 1.000 t)

ANOS	IMPRESA PERIÓDICA	IMPRIMIR E ESCREVER	EMBALAGENS	FINS SANITÁRIO	CARTÕES E CARTOLINAS	ESPECIAIS	TOTAL
1971	105	371	569	59	153	44	1.237
1972	107	362	603	62	165	46	1.345
1973	118	379	752	88	205	46	1.588
1974	113	439	869	97	264	71	1.853
1975	125	417	771	107	214	55	1.689
1976	127	455	967	125	291	81	2.046
1977	107	576	1.053	143	285	70	2.234
1978	124	630	1.193	167	326	94	2.534
1979	109	765	1.402	201	375	128	2.980
1980	105	871	1.600	232	422	132	3.362
1981	105	876	1.416	228	360	117	3.102
1982	107	913	1.555	245	377	132	3.329
1983	107	951	1.602	263	381	122	3.426

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1982a e 1984a); e Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982b).

ANEXO 4

IMPORTAÇÃO DE PAPEIS POR CATEGORIA

ANOS	IMPrensa PERIÓDICA		IMPRIMIR E ESCREVER		EMBALAGEM		FINS SANITÁRIOS		CARTÕES E CARTOLINAS		ESPECIAIS		TOTAL
	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	
1971	166.835	77,5	29.869	13,9	3.697	1,7	1	-	2.161	1,0	12.794	5,9	215.357
1972	200.008	77,0	38.707	14,9	6.423	2,5	4	-	3.105	1,2	11.389	4,4	259.636
1973	190.367	69,5	46.089	16,8	16.312	5,9	30	-	5.929	2,2	15.455	5,6	274.182
1974	172.719	42,1	97.940	24,0	68.716	16,8	32	-	18.599	4,5	51.871	12,6	409.877
1975	87.859	41,4	82.941	39,1	10.751	5,1	7	-	6.232	2,9	24.313	11,5	212.103
1976	135.591	56,6	72.782	30,4	9.871	4,1	5	-	5.813	2,4	15.694	6,5	239.756
1977	183.904	68,0	65.268	24,1	6.198	2,3	1	-	4.372	1,6	10.757	4,0	270.500
1978	186.335	69,6	61.591	23,0	4.657	1,7	4	-	5.210	1,9	10.267	3,8	268.064
1979	213.427	71,6	63.759	21,4	7.600	2,5	2	-	5.804	1,9	7.798	2,6	298.390
1980	208.097	78,8	36.806	13,9	6.629	2,5	1	-	4.635	1,8	7.871	3,0	264.039
1981	208.473	86,1	19.742	8,2	3.863	1,6	-	-	4.996	2,1	4.975	2,0	242.049
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	255.092

FONTE: Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982b).

ANEXO 5

EXPORTAÇÃO DE PAPEIS POR CATEGORIA

ANOS	IMPrensa PERIÓDICA		IMPRIMIR E ESCREVER		EMBALAGEM		FINS SANITÁRIOS		CARTÕES E CARTOLINAS		ESPECIAIS		TOTAL
	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%	
1971	1.461	41,7	960	27,3	172	4,9	318	9,1	87	2,5	508	14,5	3.506
1972	3.344	31,6	5.694	53,9	242	2,3	278	2,6	78	0,7	935	8,9	10.571
1973	4.855	11,4	34.417	80,9	988	2,3	296	0,7	302	0,7	1.706	4,0	42.564
1974	448	1,5	26.483	86,0	2.585	8,4	96	0,3	412	1,3	757	2,5	30.781
1975	2.846	21,3	5.639	42,2	742	5,6	844	6,3	402	3,0	2.893	21,6	13.366
1976	74	0,2	26.335	81,9	1.104	3,5	743	2,3	710	2,2	3.199	9,9	32.165
1977	348	0,8	32.208	76,2	2.107	5,0	1.248	3,0	899	2,1	5.449	12,9	42.259
1978	292	0,3	80.558	79,7	4.960	4,9	2.517	2,5	1.935	1,9	10.795	10,7	101.057
1979	803	0,5	103.646	73,4	14.676	10,4	1.805	1,3	2.901	2,1	17.372	12,3	141.203
1980	551	0,3	134.378	72,8	16.406	8,9	2.772	1,5	3.523	1,9	27.014	14,6	184.644
1981	668	0,2	210.407	63,9	71.858	21,8	4.244	1,3	5.264	1,6	36.900	11,2	329.341
1982	ND	-	185.327	73,9	33.967	13,5	7.124	2,8	19.503	7,8	4.964	2,0	250.885
1983	ND	-	242.565	61,5	100.896	25,6	11.370	2,9	30.821	7,8	8.675	2,2	394.327

FONTES: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1982a e 1984a); e Conselho de Desenvolvimento Industrial (1982b).

ANEXO 6

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA PRODUÇÃO DE CELULOSE

(Produção/Participação)

ESTADOS	1974 (t)	%	1975 (t)	%	1976 (t)	%	1977 (t)	%	1978 (t)	%	1979 (t)	%	1980 (t)	%	1981 (t)	%	1982 (t)	%
São Paulo	610.436	54,1	620.295	52,1	613.316	48,9	739.723	49,2	832.748	45,9	898.267	36,7	973.027	33,9	958.569	34,3	962.425	33,7
Espírito Santo	-	-	-	-	-	-	-	-	57.100	2,0	290.559	11,9	361.280	12,6	400.760	14,3	413.348	14,3
Paraná	147.810	13,1	137.814	11,6	153.105	12,2	189.433	12,6	203.792	11,2	264.404	10,8	377.199	13,1	339.465	12,1	349.022	12,1
Santa Catarina	146.096	12,9	134.177	11,3	253.128	20,3	264.109	17,6	296.140	16,3	319.663	13,1	330.071	11,5	323.812	11,6	340.032	11,7
Minas Gerais	15.514	1,4	15.384	1,3	13.976	1,1	50.180	3,3	122.147	6,7	218.377	8,9	292.682	10,2	226.559	8,1	317.905	11,0
Pará	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120.365	4,9	222.607	7,7	219.633	7,9	215.025	7,4
Rio Grande do Sul	156.077	13,8	234.434	19,7	163.541	13,0	180.949	12,1	210.329	11,6	218.171	8,9	203.867	7,1	217.614	7,7	180.103	6,7
Pernambuco	34.151	3,0	27.724	2,3	37.154	3,0	45.857	3,1	62.447	3,4	69.598	2,8	61.252	2,1	58.624	2,1	46.258	1,6
Cutros	19.442	1,7	19.780	1,7	19.564	1,5	32.013	2,1	34.291	2,0	48.347	2,0	50.711	1,8	50.754	1,0	70.652	2,5
TOTAL	1.129.524	100,0	1.189.608	100,0	1.253.784	100,0	1.502.270	100,0	1.813.994	100,0	2.447.751	100,0	2.872.696	100,0	2.795.790	100,0	2.894.770	100,0

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

ANEXO 7
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA PRODUÇÃO DE PAPEL
PERÍODO 1974/81

ESTADOS	1974 (t)	%	1975 (t)	%	1976 (t)	%	1977 (t)	%	1978 (t)	%	1979 (t)	%	1980 (t)	%	1981 (t)	%	1982 (t)	%
São Paulo	1 018 680	55,0	937 814	55,6	1 037 393	50,7	1 163 784	52,1	1 346 632	53,1	1 612 803	54,1	1 795 765	53,4	1 666 911	53,7	1 757 068	52,8
Paraná	317 783	17,1	303 554	18,1	358 171	17,5	379 701	17,0	408 987	16,1	483 985	16,2	592 216	17,6	544 053	17,5	591 336	17,8
Santa Catarina	155 788	8,4	137 118	8,1	258 105	12,6	270 523	12,1	318 760	12,5	371 562	12,5	418 156	12,4	388 326	12,5	430 404	13,0
Rio de Janeiro	125 976	6,8	106 284	6,3	132 889	6,5	141 098	6,3	174 342	6,8	176 190	5,9	195 288	6,0	179 374	5,8	197 595	5,9
Minas Gerais	81 691	4,4	83 589	5,0	95 177	4,7	92 520	4,1	92 986	3,6	103 143	3,5	106 618	3,2	99 999	3,2	98 651	3,0
Pernambuco	75 407	4,1	56 236	3,3	68 448	3,3	85 562	3,8	85 012	3,3	88 316	3,0	94 641	2,8	84 872	2,7	83 513	2,5
Rio Grande do Sul	45 392	2,4	33 627	2,0	41 638	2,0	43 842	2,0	48 306	1,9	58 571	2,0	67 026	2,0	52 760	1,7	58 028	1,7
Maranhão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22 310	0,7	27 843	0,8	24 251	0,8	23 393	0,7
Bahia	16 954	0,9	17 104	1,0	22 325	1,1	30 922	1,4	27 075	1,0	25 476	0,9	24 852	0,7	28 162	1,0	47 389	1,4
Outros	15 945	0,9	12 997	0,7	31 959	1,6	26 673	1,2	32 307	1,2	36 891	1,2	39 262	1,2	33 906	1,1	41 199	1,2
TOTAL	1 853 616	100,0	1 688 323	100,0	2 045 969	100,0	2 234 625	100,0	2 534 407	100,0	2 979 247	100,0	3 361 967	100,0	3 102 614	100,0	3 328 566	100,0

FONTE: Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose (1980c, 1981c e 1982a).

ANEXO 8

PARTICIPAÇÃO DOS PRINCIPAIS ITENS NOS INVESTIMENTOS PARA
SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO COMBUSTÍVEL POR BIOMASSA

ITENS	PROJETOS*						
	1	2	3	4	5	6	7
1 - Obras Civis	13,4	18,3	3,9	9,6	15,1	8,5	16,6
2 - Engenharia e Administração	7,5	6,1	10,2	-	3,8	-	5,4
3 - Equipamentos Nacionais	44,9	57,0	44,3	79,0	64,5	54,1	55,3
4 - Equipamentos Importados	-	1,8	2,0	-	-	0,8	1,6
5 - Montagem e Instalação	24,6	5,8	10,2	5,3	10,3	17,4	14,6
6 - Eventuais e Despesas Financeiras	9,6	11,0	29,4	6,3	6,3	19,2	6,5
7 - TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

FONTE: BNDES - Projetos.

* Estes projetos referem-se a indústrias localizadas na região Sudeste e com as seguintes capacidades instaladas:

- 1 - 90 t/d de papel;
- 2 - 900 t/d de celulose e 750 t/d de papel;
- 3 - 750 t/d de celulose;
- 4 - 60 t/d de papel;
- 5 - 330 t/d de celulose e 250 t/d de papel;
- 6 - 480 t/d de celulose e 200 t/d de papel; e
- 7 - 120 t/d de papel.

ANEXO 9

INVESTIMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO COMBUSTÍVELPOR BIOMASSA NA GERAÇÃO DE VAPOR

(milhões de cruzeiros - dezembro de 1983)

EMPRESA	INV	NSUB (%)	CTOT (t)
1	471,9	48	9 600
2	10 436,4	56	107 612
3	4 954,9	78	35 851
4	1 906,1	58	45 600
5	3 215,8	90	30 000
6	28 906,9	90	78 645
7	535,4	75	6 383
8	1 261,9	95	8 484
9	579,4	95	4 950
10	162,4	83	1 440
11	146,0	90	1 527
12	703,6	100	7 785
13	430,7	100	3 000
14	2 439,9	100	10 996
15	143,6	100	3 600
16	156,4	100	600
17	63,6	100	310
18	1 782,5	95	3 700

FONTE: Informações obtidas junto ao BNDES.

ANEXO 10REGRESSÕES PARA O CONSUMO NACIONAL DE PAPEL

Notação:

LCIMP = logaritmo neperiano do índice do consumo nacional de papel imprensa

LCIMES = logaritmo neperiano do índice de consumo nacional de papel de imprimir e escrever

LCEMB = logaritmo neperiano do índice de consumo nacional de papel de embalagem

LCSAN = logaritmo neperiano do índice de consumo nacional de papel sanitário

LCOUT - logaritmo neperiano do índice de consumo nacional de "outras papéis"

LPIB = logaritmo neperiano do índice do Produto Nacional Bruto
Ano-base das variáveis: 1970

Estruturas Obtidas:

a) Consumo de papel imprensa:

$$1) \text{ LCIMP} = 2,44538 + 0,44520 \text{ LPIB} \\ (8,52780) \quad (7,54504)$$

$$R^2 = 0,75977$$

$$F = 56,92829$$

$$DW = 0,93485$$

O baixo valor assumido pelo teste de Durbin-Watson é indicativo de haver correlação entre os resíduos ou a omissão de variáveis explicativas. Deve-se, portanto, considerar a estrutura com defasagens:

ANEXO 10/2

$$2) \text{ LCIMP} = 1.47457 \times \text{LPIB} + 0.38460 \text{ LCIMP}_{-1} - 1,19971 \text{ LPIB}_{-1} + 1,43666$$

(2,30660) (1,75815) (1,98881) (2,50138)

$$R^2 = 0.85122$$

$$F = 30.51274$$

$$h_D = \left(1 - \frac{DW}{2}\right) \sqrt{\frac{T \cdot \text{TxVar}(\text{LCIMP}_{-1})}{1 - (\text{TxVar}(\text{LCIMP}_{-1}))}} = 0.532575 \times 21,574396 - 11,489 > (0,1)$$

O teste h-Durbin indica a possibilidade de correlação entre os resíduos, não exprimindo, assim, um bom ajuste.

$$3) \text{ LCIMP}^* = \text{LCIMP} - \rho \text{ LCIMP}_{-1}$$

(4,32296) (4,19546)

$$\text{onde: LCIMP}^* = \text{LCIMP} - \rho \text{ LCIMP}_{-1},$$

$$\text{LPIB}^* = \text{LPIB} - \rho \text{ LPIB}_{-1}$$

$$\text{e } \rho = 0,53626$$

(2,60116)

Para se testar a existência de correlação entre os resíduos, aplicar-se-ã o teste da razão de verossimilhança:

$$H_0 : \rho = 0 \text{ (Estrutura 1)} \times H_A : \rho \neq 0 \text{ (Estrutura 3)}$$

$$Z = T \ell_n \frac{SSR_1}{SSR_3} = 20 \times \ell_n \frac{0,25364465}{0,18233369} = 6,60192 > 3,84 = \chi^2(1).$$

SSR_i = soma dos quadrados dos resíduos para a estrutura i.

T = número de observações.

Como este teste tem distribuição χ^2 e $\chi^2(1) = 3,84$, portanto, menor que Z, rejeita-se H_0 , isto é, seleciona-se a estrutura 3.

ANEXO 10/3

b) Consumo de papel de imprimir e escrever

$$1) \text{ LCIMES} = - 0,83566 + 1,17992 \text{ LPIB}$$

$$(4,25428) \quad (29,19259)$$

$$R^2 = 0,97932$$

$$F = 852,20751$$

$$DW = 1,40577$$

O valor obtido para o teste Durbin-Watson (1.40577) embora bastante próximo do limite superior tabelado ainda pertence ao intervalo de indeterminação. Por isso, antes de se aceitar esta equação, analisou-se as estruturas com defasagem e com autocorrelação residual que não exprimiram um melhor ajuste.

c) Consumo de papel embalagem

$$1) \text{ LCEMB} = 0,90583 + 1,19901 \text{ LPIB}$$

$$(4,34631) \quad (27,95888)$$

$$R^2 = 0,97749$$

$$F = 781,69902$$

$$DW = 1,50939$$

d) Consumo de papel sanitário

$$1) \text{ LCSAN} = 2,82595 + 1,60145 \times \text{LPIB}$$

$$(10,29941) \quad (28,36493)$$

$$R^2 = 0,97812$$

$$F = 804,56943$$

$$DW = 0,59917$$

Diante do baixo valor do teste Durbin-Watson rejeita-se a estrutura 1. Não seria apropriado estimar-se o modelo com defasagens nas variáveis dependente e independente, uma vez que este apresentaria multicolinearidade, dado que os autovalores da matriz de observações apresentam grande variação, da ordem de 10^4 . Estimou-se, então, o modelo auto-regressivo de primeira ordem.

ANEXO 10/4

$$3) \text{ LCSAN} = - 2,87565 + 1,61720 \text{ LPIB}^* \\ (3,61684 \quad (10,11898))$$

$$\text{onde: } \text{LCSAN}^* = \text{LCSAN} - \rho \text{ LCSAN}_{-1}$$

$$\text{LPIB}^* = \text{LPIB} - \rho \text{ LPIB}_{-1}$$

$$\text{e } \rho = 0,72552 \\ (3,62892)$$

Resta verificar se há autocorrelação entre os resíduos, testando-se:

$$H_0: \rho = 0 \text{ x } H_A: \rho \neq 0$$

$$Z = T \frac{\text{SSR}_1}{\text{SSR}_2} = 12,33811 > 3,84 = \chi^2(1)$$

O valor do teste da razão de verossimilhança indica que ρ é significativamente não nulo e conduz a seleção de 3.

$$e) \text{ LCOU} = - 2,10637 + 1,42932 \text{ LPIB} \\ (6,80576) \quad (22,44356)$$

$$R^2 = 0,96550$$

$$F = 503,71358$$

$$DW = 1,46415$$

Estas regressões foram obtidas utilizando-se o "General Instrumental Variables Estimation of Linear Equations with Lagged Dependent Variables and First Order Autoregressive Errors" de David F. Hendry and Frank Srba.

ANEXO 11
 CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE
 PAPEL E CELULOSE - REGIÃO NORTE
 CENÁRIO CONSERVADOR

ENERGÉTICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	10.748	3.209	3.840	4.561	6.979	8.156
Lenha (m³)	272.004	311.675	378.209	452.449	729.662	972.889
Resíduos (t)	72.108	78.312	95.426	114.320	186.405	186.405
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS (GCAL)	555.002	534.253	648.379	775.568	1.250.151	1.554.267
Energia Elétrica (MWh)	9.545	10.362	12.079	14.216	20.616	91.253
TOTAL (GCAL)	563.211	543.164	658.767	787.794	1.267.880	16.332.745
PRODUÇÃO (t)	109.236	118.629	143.908	172.082	279.415	397.143

CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO

1ª HIPÓTESE

ENERGÉTICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	10.613	2.925	3.524	4.196	6.405	6.464
Lenha (m³)	273.178	314.140	380.803	455.334	733.879	958.772
Resíduos (t)	72.108	72.312	95.485	114.433	186.701	206.708
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS (GCAL)	555.002	534.253	648.303	775.424	1.249.755	1.553.429
Energia Elétrica (MWh)	9.545	10.362	12.079	14.216	20.636	91.787
TOTAL (GCAL)	563.211	543.164	658.690	787.650	1.267.502	1.632.366

2ª e 3ª HIPÓTESES

HIPÓTESES	ENERGÉTICOS	1988	1990	1995	2000
1ª	Óleo Combustível (t)	3.524	4.196	6.405	6.464
	Lenha (m³)	380.666	455.176	733.574	956.578
	Resíduos (t)	95.485	114.433	186.701	206.708
	Energia Elétrica (MWh)	12.270	14.436	21.095	95.790
2ª	Óleo Combustível (t)	3.524	4.196	6.405	6.464
	Lenha (m³)	380.803	455.334	733.919	959.829
	Resíduos (t)	95.485	114.433	186.701	206.708
	Energia Elétrica (MWh)	12.079	14.216	20.616	91.253

ANEXO 12
CENÁRIOS PARA CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

REGIÃO NORDESTE
CENÁRIO CONSERVADOR

ENERGÉTICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	35.152	36.218	51.277	67.006	118.465	121.138
Óleo Diesel (m³)	351	380	451	530	749	749
Lenha (m³)	211.646	256.413	359.961	460.958	805.230	1.072.532
Resíduos (t)						
Bagaco de Cana (t)	65.241	70.782	98.191	125.838	236.821	391.054
Outros (GCAL)	189	205	249	298	452	452
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS (GCAL)	769.706	847.257	1.190.480	1.538.232	2.738.373	3.433.960
Energia Elétrica (MWh)	125.211	135.914	180.466	227.162	403.361	563.742
TOTAL (GCAL)	877.387	964.143	1.345.680	1.733.591	3.085.264	3.918.778
PRODUÇÃO (t)	191.053	207.337	276.828	350.149	626.861	894.163

CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO

1ª HIPÓTESE

ENERGÉTICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	22.861	10.427	13.392	15.388	17.980	18.114
Óleo Diesel (m³)	351	380	451	530	749	749
Lenha (m³)	293.467	444.049	632.736	832.131	1.514.357	1.718.121
Resíduos (t)	8.690	9.434	15.720	21.791	47.356	82.755
Bagaco de Cana (t)	67.583	75.699	105.712	136.193	257.806	412.040
Outros (GCAL)	189	205	249	298	452	452
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS	759.766	830.930	1.166.664	1.505.974	2.669.078	3.319.355
Energia Elétrica (MWh)	131.585	149.278	198.959	252.011	449.056	609.437
TOTAL (GCAL)	872.929	959.309	1.337.769	1.722.704	3.055.266	3.843.471

2ª e 3ª HIPÓTESES

HIPÓTESE	ENERGÉTICOS	1988	1990	1995	2000
1ª	Óleo Combustível (t)	13.392	15.388	17.980	18.114
	Óleo Diesel (m³)	451	530	749	749
	Lenha (m³)	531.701	694.255	1.244.366	1.447.030
	Resíduos (t)	15.720	21.791	47.356	82.755
	Bagaco de Cana (t)	123.121	159.957	304.388	458.622
	Energia Elétrica (MWh)	294.390	382.223	703.916	865.832
	2ª e 3ª	Óleo Combustível (t)	13.392	15.388	17.980
Óleo Diesel (m³)		451	530	749	749
Lenha (m³)		515.155	671.240	1.193.676	1.385.335
Resíduos (t)		15.720	21.791	47.356	82.755
Bagaco de Cana (t)		141.970	185.486	352.937	510.104
Gás Natural (10³m³)		7.696	10.564	21.436	22.244
Energia Elétrica (MWh)		180.466	227.162	403.361	563.742

ANEXO 13

CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

REGIÃO SUDESTE

CENÁRIO CONSERVADOR

ENERGETICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	363.460	363.700	367.138	409.246	479.740	497.828
Óleo Diesel (m³)	1.781	1.580	-	-	-	-
Lenha (m³)	1.862.669	2.195.797	2.447.919	2.754.098	4.191.108	7.927.945
Resíduos (t)	133.943	203.663	236.931	269.790	352.725	352.725
Bagaco de Cana (t)	44.852	48.737	96.205	121.441	195.164	195.164
Gás Natural (10³m³)	8.651	43.899	47.438	52.760	64.000	64.000
TOTAL DE ENERGETICOS (GCAL)	6.456.336	7.325.775	7.846.170	8.815.608	11.687.331	16.359.644
Energia Elétrica (MWh)	2.500.244	2.740.161	2.973.247	3.285.723	4.039.748	5.124.987
TOTAL (GCAL)	8.606.546	9.682.313	10.403.162	11.641.329	15.161.515	20.767.133
PRODUÇÃO (t)	2.703.712	2.940.624	3.233.937	3.627.451	4.762.697	6.571.427

CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO

1ª HIPÓTESE

ENERGETICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	278.059	184.077	169.204	180.275	184.688	185.592
Óleo Diesel (m³)	1.781	1.580	-	-	-	-
Lenha (m³)	2.450.336	3.483.039	3.863.039	4.388.502	6.224.862	9.834.816
Resíduos (t)	171.253	244.211	286.466	329.708	487.715	680.430
Carvão Mineral (t)	4.695	9.304	9.394	9.813	10.577	10.577
Bagaco de Cana (t)	58.906	78.336	128.942	159.014	245.732	251.054
Gás Natural (10³m³)	8.651	43.899	47.438	52.760	64.000	64.000
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS (GCAL)	6.364.168	7.154.406	7.656.729	8.594.177	11.408.385	16.073.907
Energia Elétrica (MWh)	2.579.954	2.909.660	3.162.492	3.509.738	4.325.808	5.418.943
TOTAL (GCAL)	8.582.929	9.656.714	10.376.672	11.612.551	15.128.580	20.734.198

2ª e 3ª HIPÓTESES

HIPÓTESES	ENERGETICOS	1988	1990	1995	2000
2ª	Óleo Combustível (t)	169.204	180.275	184.688	185.592
	Óleo Diesel (m³)	-	-	-	-
	Lenha (m³)	3.109.566	3.512.137	5.096.631	8.472.473
	Resíduos (t)	286.466	329.708	487.715	680.430
	Carvão Mineral (t)	41.732	46.837	54.997	54.997
	Bagaco de Cana (t)	241.518	290.523	417.506	433.391
	Gás Natural (10³m³)	47.438	52.760	64.000	85.464
	Energia Elétrica	3.750.108	4.194.777	5.218.249	6.365.826
3ª	Óleo Combustível (t)	169.204	180.275	184.688	185.592
	Óleo Diesel (m³)	-	-	-	-
	Lenha (m³)	3.533.548	4.002.189	5.730.980	9.105.319
	Resíduos (t)	286.466	329.708	487.715	680.430
	Carvão Mineral (t)	68.617	79.377	102.285	108.242
	Bagaco de Cana (t)	233.439	280.194	399.734	411.647
	Gás Natural (10³m³)	53.205	59.957	72.111	97.406
	Energia Elétrica (MWh)	2.973.247	3.285.723	4.039.748	5.124.987

ANEXO 14

CENÁRIOS PARA O CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

REGIÃO SUL

CENÁRIO CONSERVADOR

ENERGÉTICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	180.569	189.042	195.426	239.093	267.966	278.543
Lenha (m³)	2.806.543	2.795.384	3.288.105	3.739.599	5.815.766	8.000.860
Resíduos (t)	345.731	681.374	722.813	780.988	920.939	920.939
Carvão Mineral (t)	352.871	370.723	377.748	385.406	387.838	387.838
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS (GCAL)	8.045.220	9.200.433	10.020.413	11.230.996	14.443.123	17.175.231
Energia Elétrica (MWh)	1.676.868	2.186.791	2.349.045	2.576.969	3.182.836	3.817.423
TOTAL (GCAL)	9.487.327	11.081.074	12.040.591	13.447.189	17.180.363	20.458.215
PRODUÇÃO (t)	1.884.231	2.027.189	2.214.317	2.452.796	3.288.757	4.346.402

CENÁRIOS DE SUBSTITUIÇÃO

1ª HIPÓTESE

ENERGÉTICOS	1984	1986	1988	1990	1995	2000
Óleo Combustível (t)	141.095	74.077	77.281	82.026	78.223	78.752
Lenha (m³)	3.029.617	3.503.656	4.014.146	4.705.954	6.909.454	8.824.939
Resíduos (t)	364.563	710.148	754.114	821.513	1.001.545	1.140.816
Carvão Mineral (t)	370.484	424.804	431.845	458.267	474.106	479.470
TOTAL DE COMBUSTÍVEIS (GCAL)	7.569.612	8.272.543	9.031.887	10.150.982	13.122.207	15.676.047
Energia Elétrica (MWh)	1.687.295	2.208.769	2.376.092	2.610.083	3.228.114	3.862.701
TOTAL (GCAL)	9.020.686	10.172.084	11.075.326	12.395.653	15.898.386	18.997.970

2ª e 3ª HIPÓTESES

HIPÓTESES	ENERGÉTICOS	1988	1990	1995	2000
2ª	Óleo Combustível (t)	77.281	82.026	78.223	78.752
	Lenha (m³)	3.680.518	4.263.150	6.373.167	8.260.872
	Resíduos (t)	754.114	821.513	1.001.545	1.140.816
	Carvão Mineral (t)	498.726	547.873	581.072	592.683
	Energia Elétrica	2.491.658	2.759.083	3.416.717	4.057.379
3ª	Óleo Combustível (t)	77.281	82.026	78.223	78.752
	Lenha (m³)	3.929.212	4.594.541	6.772.078	8.681.554
	Resíduo (t)	754.114	821.513	1.001.545	1.140.816
	Carvão Mineral (t)	459.663	494.306	519.393	526.359
	Energia Elétrica (MWh)	2.349.045	2.576.969	3.182.836	3.817.423

BIBLIOGRAFIA

- ARANTES, Claudete Camarano. Oferta e demanda da madeira. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 10(5/6):254-83, maio/jun. 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PAPEL ONDULADO. Anuário estatístico. São Paulo, 1981, 1982 e 1983a.
- . Boletim informativo. São Paulo, 1983b (vários meses).
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE. Capacidade instalada; projeção da capacidade instalada; recursos florestais; balanço consolidado. São Paulo, 1980a e 1981a.
- . Relatório de atividades ANFPC. São Paulo, 1980b e 1981b.
- . Relatório estatístico ANFPC. São Paulo, 1980c, 1981c e 1982a.
- . Providências que estão sendo tomadas para racionalização e substituição do consumo de óleo combustível no setor de celulose e papel. São Paulo, 1981d.
- . Retrospectiva do consumo de combustíveis no setor de celulose e papel, 1979/1982. São Paulo, 1982b.
- . Conjuntura setorial. São Paulo, 1984a.
- . Estado de produtividade de óleo combustível. São Paulo, 1984b.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Mercado brasileiro de papel e celulose. Rio de Janeiro, 1975.
- . Diagnóstico sobre papel e celulose. Rio de Janeiro, 1977.
- CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA. Papel y cartón. Técnicas energéticas en la industria, 7. Madri, 1980.
- CESP. Energia na indústria: análises setoriais. São Paulo, 1981a.
- . Energia na indústria: perfil da demanda. São Paulo, 1981b.
- CHERKASSKY, H. Horácio. Situação do mercado nacional de papel e celulose. O Papel, São Paulo, set. 1978.
- . Panorama geral do setor de papel e celulose. Trabalho apresentado no 3º Simpósio Regional de Papel e Celulose do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, ago. 1981.

- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Matérias-primas e insumos industriais: situação atual e perspectivas. Rio de Janeiro, 1980.
- . A resposta das fontes energéticas nacionais a um eventual corte nas importações de petróleo. Rio de Janeiro, 1983.
- CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Introdução à indústria brasileira de celulose e papel. Brasília, 1982a.
- . Mercado brasileiro de celulose e papel. Brasília, 1982b.
- CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO. Anuário estatístico. Brasília, 1982 e 1983.
- . Custo de vapor e economia de combustível. Economia de óleo combustível, 5. Brasília, s. d.
- CONSULTEC. Possibilidades de substituição do óleo combustível nos setores de alimentos e bebidas, papel e celulose e têxtil. Rio de Janeiro, 1980.
- CRUZ FILHO, Paulo Bastos. Problemas de controle ambiental em fábricas de papel e celulose: um problema sem precedentes históricos. ANAVE, São Paulo, 1980.
- DAIN, Sulamis, BIELSCHOWSKY, Ricardo Alberto, e GADELHA, Maria Fernanda. Prensas especiais na indústria de papel. Rio de Janeiro, FINEP, mar. 1976.
- DIFEL. Engenharia econômica. 16.^a ed.; São Paulo, 1983.
- EKLUND, Risto. Alternativas futuras na produção mundial de polpa e papel. Trabalho apresentado na 2.^a Conferência Mundial das Indústrias de Polpa e Papel, Helsinki, out. 1975, e na 8.^a Convenção Anual da ABCP, São Paulo, nov. 1975.
- ELETRORÁS. Boletim mensal do Departamento de Mercado da ELETRORÁS. Rio de Janeiro, 1980, 1981, 1982 e 1983.
- ERBER, Pietro. Custo da energia para produção de vapor. ELETRORÁS/DEME, Nota Técnica, 13. Rio de Janeiro, ELETRORÁS, 1980.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC. Uso da madeira para fins energéticos. Série de Publicações Técnicas, 1, Belo Horizonte, 1980.

- FURNARI, Fausto. Conservação de energia na indústria. In: Anais do 2º Congresso Brasileiro de Energia. Vol. 2. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1981.
- GEIPOT. Plano operacional de transportes; madeira, celulose e papel: Fase I, 1977. Brasília, 1977.
- IBMEC/ABAMEC. Características atuais e perspectivas da indústria de papel e celulose no Brasil. Rio de Janeiro, 1980.
- IPT. Manual de recomendações para um programa de redução do consumo de energia na indústria de celulose e papel. Publicação, IPT, 1.115. 3 vols. São Paulo, 1978.
- JORNAL DO BRASIL. Klabin vai economizar US\$ 5 milhões. Rio de Janeiro, 26 de abril de 1983.
- . Brasil quer dar cartas no mercado de papel e celulose. Rio de Janeiro, 1º Caderno, pp. 19-22, 27 de julho de 1984.
- JOSÉ CARLOS LEONE E ASSOCIADOS - CONSULTORES INDUSTRIAIS. Problemas da indústria de papel de jornal do Brasil. Rio de Janeiro, jan. 1966.
- . Estrutura brasileira de produção e consumo de papel e celulose. Relatório da pesquisa. Rio de Janeiro, 1968.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO. CONSERVE: Programa de Conservação de Energia no Setor Industrial. Brasília, 1982.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Balanço energético nacional. Brasília, 1981, 1982 e 1983.
- PIRES, Alberto Fabiano. Análise histórica do mercado brasileiro de celulose. Trabalho apresentado no curso ministrado pela ABCP a técnicos e analistas do Sistema BNDE/FIBASE, em junho de 1980.
- VIDA INDUSTRIAL. A história da indústria do papel, dos egípcios até o Brasil de hoje, pp. 10-2, mar. 1979.

TEXTOS PARA DISCUSSÃO DO GRUPO DE ENERGIA (TDE)

- Nº I - "Uma Avaliação dos Impactos Ambientais e Socio-Econômicos Locais Decorrentes da Industrialização do Xisto", Sérgio Margulis e Ricardo Paes de Barros, Dezembro 1981, 30p.
- Nº II - "Recursos Nacionais de Xistos Oleíferos: Um Levantamento com Vistas ao Planejamento Estratégico do Setor", Lauro Ramos e Ricardo Paes de Barros, Dezembro 1981, 76 p.
- Nº III- "Agricultura e Produção de Energia: Avaliação do Custo da Matéria-Prima para Produção de Alcool", Equipe IPEA/IPT, Janeiro 1982, 64 p.
- Nº IV - "Um Modelo de Crescimento para a Indústria do Xisto", Ricardo Paes de Barros e Lauro R.A. Ramos, Fev. 1982, 57 p.
- Nº V - "Um Modelo de Planejamento de Oferta de Energia Elétrica", Octávio A.F. Tourinho, Março 1982, 12 p.
- Nº VI - "A Economia do Carvão Mineral", Eduardo M. Modiano e Octávio A.F. Tourinho, Março 1982, 12 p.
- Nº VII- "Um Modelo Econométrico para a Demanda de Gasolina pelos Automóveis de Passeio", Ricardo Paes de Barros e Silvério Soares Ferreira, Maio 1982, 135 p.
- NºVIII- "A Critical Look at the Theories of Household Demand for Energy", Ali Shamsavari, Junho 1982, 32 p.
- Nº IX - "Análise do Consumo Energético no Setor Industrial da Região Central do País", Flávio Freitas Faria e Luiz Carlos Guimarães Costa, Junho 1982, 30 p.
- Nº X - "Vinhoto: Poluição Hídrica, Perspectivas de Aproveitamento e Interação com o Modelo Matemático de Biomassa", Sérgio Margulis, Julho 1982, 108 p.
- Nº XI - "Um Modelo de Análise da Produção de Energia pela Agricultura", Fernando Curi Peres, José R. Mendonça de Barros, Léo da Rocha Ferreira e Luiz Moricochi, Agosto 1982, 24p.
- Nº XII- "Xistos Oleíferos: Natureza, Formas de Aproveitamento e Principais Produtos", Lauro R.A Ramos e Ricardo Paes de Barros, Fevereiro 1983, 55p.
- NºXIII- "Consumo de Energia para Cocção: Análise das Informações Disponíveis", Ricardo Paes de Barros e Luis Carlos P. J. Boluda, Março 1983, 113 p.

- Nº XIV- "Consumo de Energia no Meio Rural", Milton da Mata, Março 1983, 41p.
- Nº XV - "Usina Industrial de Xisto", Lauro R.A. Ramos e Ricardo Paes de Barros, Abril 1983, 87 p.
- Nº XVI- "Cenários de Demanda de Derivados de Petrôleo", Lauro R.A. Ramos, Dezembro 1983, 88p.
- NºXVII- "Sobre a Dieselização da Frota Brasileira de Caminhões", Armando M. Castelar Pinheiro, Dezembro 1983, 87p.
- NºXVIII- "Impactos Ambientais Decorrentes da Produção do Carvão Mineral: Uma Abordagem Quantificada", Sérgio Margulis, Dezembro 1983, 114 p.
- Nº XIX- "Uma Análise dos Processos de Conservação de Energia e Substituição do Óleo Combustível na Indústria do Cimento", Armando M. Castelar Pinheiro, Março 1984, 102p.
- Nº XX - "Energia na Indústria de Vidro", José Cesário Cecchi, Março 1984, 92 p.
- Nº XXI- "Análise da Demanda por Insumos das Empresas Profissionais de Transporte Rodoviário de Cargas", Antonio Edmundo de Rezende, Setembro 1984, 119p.
- Nº XXII- "Tecnologia, Custos, Capacidade de Carga e Consumo Energético de Veículos no Transporte Rodoviário de Bens", Newton de Castro, Novembro 1984, 40 p.
- NºXXIII- "Impactos Ambientais Decorrentes do Consumo de Carvão Mineral", Sérgio Margulis, Dezembro 1984, 63 p.
- Nº XXIV- "Energia na Indústria Cerâmica", Luciane Pierri de Mendonça Janeiro 1985, 109 p.

O INPES edita ainda as seguintes publicações: Pesquisa e Planejamento Econômico (quadrimestral), desde 1971; Literatura Econômica (bimestral), desde 1977; Brazilian Economic Studies (semestral), desde 1975; Coleção Relatório de Pesquisa; Série de Textos para Discussão Interna (TDI); Série Monográfica; e Série PNPE.