**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Análise da evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a
2005**

Adriana Estela Sanjuan Montebello

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2006**

Adriana Estela Sanjuan Montebello

Bacharel em Ciências Econômicas

Análise da evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005

Orientador:

Prof. Dr. **CARLOS JOSÉ CAETANO BACHA**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba

2006

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Montebello, Adriana Estela Sanjuan

Análise da evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005 /
Adriana Estela Sanjuan Montebello. - - Piracicaba, 2006.
114 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
Bibliografia.

1. Econometria 2. Exportação 3. Indústria de celulose 5. Inovações tecnológicas
I. Título

CDD 338.476762

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO

Aos meus queridos pais, Fátima e Luiz,
e ao meu irmão Matheus pelo amor
constante e por nunca medirem esforços
para que eu alcançasse meus objetivos.

Ao meu esposo Filipe pelo amor e
dedicação sempre presentes.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, saúde e proteção.

Por esta jornada, agradeço, especialmente, ao professor Dr. Carlos José Caetano Bacha que desde o curso de graduação vem me orientando com profissionalismo, paciência, compreensão e dedicação. Atitudes estas que me ajudaram a crescer e que levarei comigo para sempre. Sua orientação, atenciosa e competente, foi um dos maiores aprendizados que tive durante esses anos e da qual semeou minha dedicação à pesquisa. Também sou extremamente grata por sempre me transmitir novos conhecimentos e pela concretização de mais uma etapa de minha vida.

Às Professoras Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes e Mirian Rumenos Piedade Bacchi pelas suas contribuições valiosas, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento dessa dissertação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo apoio financeiro.

A todos os professores do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP pelos ensinamentos recebidos.

Aos funcionários do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP, em especial, à Maielli, Ligiana, Álvaro, Helena e Pedro.

Agradeço a colaboração das pessoas que dispuseram de seu tempo para responder aos questionários referentes às áreas florestal e industrial e ao Maurício J. P. de Souza por ajudar na análise estatística dos questionários.

A todos os amigos da Pós-Graduação em Economia Aplicada.

E todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 A questão em análise	13
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Estrutura da dissertação	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Literatura sobre a organização da indústria brasileira de celulose	17
2.2 Literatura sobre o papel das políticas públicas na indústria brasileira de celulose	18
2.3 Literatura sobre a geração de empregos	20
2.4 Estudo sobre ciclos de preços e produção de celulose	21
2.5 Literatura sobre as pressões ambientais sofridas pela indústria brasileira de celulose	21
2.6 Literatura sobre a competitividade da indústria brasileira de celulose.....	23
2.7 Literatura sobre pesquisas e inovações tecnológicas no setor de celulose e papel.....	23
2.8 Trabalhos sobre análise econométrica do comércio internacional de celulose	26
3 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO	29
3.1 Referencial teórico.....	29
3.2 Metodologia e dados utilizados	30
3.2.1 Metodologia.....	30
3.2.2 Dados utilizados	33
4 ESTRUTURA E DESEMPENHO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CELULOSE.....	36
4.1 Distinção entre polpa, celulose e pasta de alto rendimento.....	36
4.2 Estrutura da indústria brasileira de celulose	37
4.3 Desempenho da indústria brasileira de celulose.....	45

4.3.1 Evolução da produção brasileira de celulose.....	45
4.3.2 Evolução das exportações brasileiras de celulose	48
4.3.3 Produção versus exportação de celulose: vantagens competitivas do Brasil na produção de celulose	52
4.3.4 Comportamento dos preços recebidos pela celulose brasileira e evolução do lucro de algumas empresas	53
5 PESQUISAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS OCORRIDAS NA SILVICULTURA E NA INDÚSTRIA DE CELULOSE NO BRASIL.....	58
5.1 As pesquisas e inovações tecnológicas na silvicultura.....	58
5.1.1 Evolução das pesquisas e inovações tecnológicas na silvicultura.....	58
5.1.2 Importância das inovações tecnológicas na silvicultura.....	65
5.1.3 Impactos das inovações tecnológicas sobre a produtividade da silvicultura.....	73
5.2 Pesquisas e inovações tecnológicas na indústria de celulose no Brasil.....	75
5.2.1 Evolução das pesquisas e inovações tecnológicas na indústria de celulose no Brasil	75
5.2.2 Importância das inovações tecnológicas na indústria de celulose de 1980 a 2006.....	79
5.2.3 Impactos das inovações tecnológicas na qualidade e custo de produção da celulose feita no Brasil	82
6 ESTIMATIVAS DAS EQUAÇÕES DE OFERTA E DEMANDA PELAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE CELULOSE.....	87
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	96
ANEXOS	103

RESUMO

Análise da evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005.

O presente trabalho analisa a evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005, enfocando três objetivos específicos: 1) analisar a estrutura e o desempenho da indústria brasileira de celulose, avaliando sua produção, exportação e custo de produção. Ao mesmo tempo, discute-se a reorganização dessa indústria a partir da década de 1980 e ressalta as mudanças que surgiram e seus impactos na competitividade da indústria; 2) identificar as pesquisas e inovações tecnológicas que ocorrem nas áreas florestal e industrial e ressaltar seus possíveis impactos sobre a competitividade da indústria brasileira de celulose; e 3) analisar a evolução das exportações brasileiras de celulose, elaborando um modelo econométrico para evidenciar os principais determinantes de sua oferta e demanda. Quanto ao primeiro objetivo desse trabalho, a estrutura e o desempenho da indústria brasileira de celulose foram analisados pelas seguintes variáveis: produção, exportação, custo de produção, número de empresas e, também, índices de concentração. Constatou-se que o Brasil vem ampliando e ganhando market-share nas exportações de celulose. Esse desempenho exportador é causado, principalmente, pelas vantagens de custo de produção. Para analisar o segundo objetivo dessa dissertação, utilizou-se dados primários, coletados através questionários e a revisão de literatura, a fim de se realizar um levantamento das principais inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e produção industrial de celulose. Ao longo dos anos 80 e 90 e nos anos 2000, pesquisas ocorreram em diferentes intensidades, nas distintas etapas de produção florestal e industrial. Os dados das entrevistas, organizados na forma tabular e gráfica, bem como analisados pelo teste de Wilconox, ressaltam melhoria nas inovações tecnológicas em etapas do processo produtivo que trouxeram expressivos aumentos de produtividade na silvicultura e na produção industrial de celulose e que implicaram redução no custo de produção da celulose. Esta última elevou a rentabilidade do setor, causando sua expansão. No terceiro objetivo desse trabalho, foram realizadas estimativas das equações de oferta e demanda de celulose para o período de 1980 a 2005. Em relação à oferta de celulose, as variáveis preço brasileiro da celulose exportada e exportações defasada foram significativas a 20% e a 1%, respectivamente. Já o custo de produção não apresentou significância estatística, mas teve o sinal esperado. A elasticidade-preço da oferta brasileira de celulose foi de 0,40, ou seja, trata-se de inelástica em relação ao seu preço. Em relação à estimativa da equação de demanda, o preço da celulose brasileira e a demanda internacional de celulose foram significativos a 1%. A elasticidade-preço da demanda de celulose encontrada foi - 0,69 indicando que a demanda pela celulose brasileira é inelástica com relação ao seu preço. Por outro lado, a elasticidade da quantidade demandada de celulose brasileira em relação à demanda internacional desse produto foi 2,17, indicando que a quantidade demandada da celulose brasileira é elástica em relação à demanda internacional desse produto.

Palavras-chave: Celulose; Exportação; Inovações tecnológicas; Modelo econométrico

ABSTRACT

Analysis of the evolution of Brazilian pulp industry from 1980 to 2005.

The present dissertation analyses the evolution of Brazilian pulp industry from 1980 to 2005, paying attention to three specific objectives: (1) analysis of the Brazilian pulp industry's structure and performance, evaluating its production, exports and production costs. Besides that, the dissertation discusses the reorganization of this industry since the 1980's and highlights the changes that happened and their impacts on the sector's competitiveness; (2) Identify the researches and technological innovations that took place in forest and industrial areas, and emphasize their possible impacts on the competitiveness of Brazilian pulp industry; (3) analyze the evolution of the Brazilian pulp exports, elaborating an econometric model to evidence the main determinants of supply and demand for these exports. In relation to the first objective of this work, the structure and performance of the Brazilian pulp industry were analyzed through the following variables: production, export, production costs, number of enterprises, and also concentration indexes. It was evidenced that Brazil is increasing its market share in pulp exports. The increase of exports is mainly due to production cost advantages what associate to innovations in forest and industrial areas. To analyze the second objective of this dissertation, primary data, collected through questionnaires, and literature review were used to realize a survey of the main technological innovations that had occurred in silviculture and in Brazilian pulp production. Throughout the 1980's and 1990's and during the six first years of the 2000's, researches occurred in different intensities, in the distinct stages of industrial and forest production. The primary data organized in tables and graphs, as well as analyzed by Wilconox test, highlight the improves in the technological innovations in the stages of the production process what brought significant increases of productivity in silviculture and in the pulp industrial production, causing the reduction of pulp production cost. The latter enlarged sector's profitability, causing its expansion. In the third objective, supply and demand equations for pulp exports were run for data ranging from 1980 to 2005. Regarding to the pulp supply, Brazilian exported pulp price and lagged exports were statistically significant at 20% and 1% level, respectively. The production cost did not show statistically significant, but it had the expected signal. The price elasticity of Brazilian pulp supply was 0.4, so it is inelastic in relation to its price. The demand elasticity price founded was -0.69, indicating the quantity of Brazilian pulp demanded is inelastic in relation to its price. Meanwhile, the elasticity of Brazilian pulp demanded quantity in relation to international demand of this product was 2.17, indicating the demanded quantity of Brazilian pulp is elastic in relation to the international demand of the product.

Keywords: Pulp; Exportation; Technological innovations; Econometric model

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema agroindustrial da celulose no Brasil	38
Figura 2 – Participação dos estados na produção brasileira de celulose em 2005 (valores em %).....	40
Figura 3 – Evolução dos índices de concentração CR4 e HHI na indústria de celulose no Brasil.....	43
Figura 4 – Evolução da produção brasileira de pastas.....	46
Figura 5 – Evolução da exportação brasileira de pastas	48
Figura 6 – Evolução do custo total de produção de cada tonelada de celulose branqueada de fibra curta para países selecionados.....	53
Figura 7 – Evolução do custo da energia, juros, produtos químicos, trabalho e madeira para produção da celulose branqueada de fibra curta para países selecionados em 2005 .	54
Figura 8 – Evolução dos lucros da Aracruz (em milhões de R\$) e dos preços de exportação (em R\$/ton) da celulose no período de 1994 a 2005	56
Figura 9 – Evolução dos lucros da Cenibra (em milhões de R\$) e dos preços de exportação (em R\$/ton) da celulose no período de 1994 a 2005	56
Figura 10 –Evolução dos lucros da Suzano Bahia Sul (em milhões de R\$) e dos preços de exportação (em R\$/ton) da celulose no período de 1994 a 2005.....	57
Figura 11 –Maiores países detentores de áreas certificadas pelo FSC na América Latina até janeiro de 2006	65
Figura 12 – Percentagens dos entrevistados que classificaram as inovações tecnológicas de cada etapa da silvicultura como relevantes na década de 80	67

Figura 13 – Etapas da mecanização cujas inovações foram classificadas como muito relevantes nos anos 2000	68
Figura 14 – Grau de relevância atribuído às inovações tecnológicas nas décadas de 1980, 1990 e nos anos 2000.....	69
Figura 15 – Produtividade média da silvicultura em alguns países segundo as espécies florestais (m ³ /ha/ano).....	74
Figura 16 – Etapas do processo de produção da celulose cujas inovações foram classificadas como relevantes na década de 80	79
Figura 17 – Etapas do processo de produção da celulose cujas inovações foram classificadas como muito relevantes na década de 90	80
Figura 18 – Evolução do consumo anual de madeira e do consumo de água na produção de uma tonelada de celulose	83
Figura 19 –Evolução do custo da energia, dos produtos químicos e do trabalho na produção de uma tonelada de celulose branqueada de fibra curta para o Brasil em US\$/ton....	85
Figura 20 –Evolução do custo da energia, dos produtos químicos e do trabalho na produção de uma tonelada de celulose branqueada de fibra curta para o Brasil em R\$/ton	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais empresas produtoras de celulose no Brasil em 2005.....	40
Tabela 2 - Número de empresas, produção (em toneladas) e concentração na indústria de celulose no Brasil – período de 1982 a 2005	42
Tabela 3 - Posição dos países entre os maiores produtores de pasta celulósica do mundo – período de 1961 a 2005	47
Tabela 4 - Participação dos principais países importadores no total exportado de celulose pelo Brasil – período de 1989 a 2005	49
Tabela 5 - Participação do Brasil nas importações de celulose de alguns países – período de 1989 a 2005	51
Tabela 6 – Maiores produtores mundiais de celulose de mercado – situação em 2001	54
Tabela 7 – Artigos sobre silvicultura nas publicações nacionais (1980 – 2002).....	61
Tabela 8 – Média do grau de relevância de cada inovação tecnológica na silvicultura nas décadas de 80 e 90 e nos anos 2000	70
Tabela 9 – Teste de Wilcoxon para a diferença da relevância das inovações tecnológicas na silvicultura entre diferentes períodos.....	72
Tabela 10 – Taxa de recuperação de papéis recicláveis em 2005 nos principais países	78
Tabela 11 – Média do grau de relevância de cada inovação tecnológica na área industrial de produção de celulose nas décadas de 80 e 90 e nos anos 2000	81
Tabela 12 – Teste de Wilcoxon para a diferença das inovações tecnológicas na produção industrial de celulose entre diferentes períodos.....	82

Tabela 13 – Quantidade exportada (y) em toneladas, preço da celulose brasileira (PBR) em dólares, custo variável de produção (CP) em dólares, capacidade instalada em toneladas (CI), preço em dólar dos concorrentes (PCON); e demanda de importação mundial (DI) e do nível de atividade econômica do importador (PIB^E) 88

1 INTRODUÇÃO

1.1 A questão em análise

O presente trabalho pretende analisar a evolução da indústria brasileira de celulose, discutindo as questões de reorganização e as inovações tecnológicas que ocorreram no período de 1980 a 2005, as quais influenciaram o ganho de competitividade observado nessa indústria e permitiram ao país aumentar significativamente suas exportações.

Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel (Bracelpa), a produção brasileira de celulose totalizou 10,35 milhões de toneladas em 2005, o que correspondeu a 5% do total mundial produzido de celulose. Os principais países exportadores de celulose são o Canadá, os Estados Unidos, a Suécia, o Brasil, o Chile e a Finlândia. Juntos, eles controlam mais de 70% das exportações mundiais. Observa-se que o Brasil é o 4º maior país exportador de celulose, revelando sua significativa participação no mercado mundial de celulose.

O primeiro ano de registro sistemático de exportação brasileira de celulose é o de 1961, quando foram exportadas 3,3 mil toneladas. A partir de então, essas exportações têm ampliado continuamente, atingindo 39,4 mil toneladas em 1970, 890,5 mil toneladas em 1980, 1,04 milhão de toneladas em 1990 e 5,55 milhões de toneladas em 2005 (BRASIL, 2006). Os principais países compradores da celulose brasileira são os Estados Unidos, o Japão, a Bélgica, o Reino Unido, a Itália, a França, a Coreia e a China. Conjuntamente, Estados Unidos, Japão e Bélgica lideram o ranking de maiores compradores do produto brasileiro. De 1989 a 2005, 62,03% das exportações brasileiras de celulose, em média, foram destinadas a esses países.

Esse crescimento das exportações foi possível porque se estabeleceram empresas no Brasil que, desde a sua concepção, dedicam-se a produzir celulose de mercado¹ e que atenderiam o mercado externo. Este é o caso da Celulose Nipo-Brasileira S.A. (Cenibra), Aracruz Celulose S.A. e da Veracel Celulose S.A. Outras empresas também geram excedentes para exportação, como a Suzano e a Votorantim Celulose e Papel (VCP). Além disso, as crescentes vendas externas de celulose foram determinadas pelo aumento da competitividade brasileira na produção desse produto. A celulose brasileira é totalmente elaborada a partir de madeira oriunda de

¹ Celulose de mercado refere-se ao produto (celulose) que é vendido no mercado e não utilizado pela própria empresa produtora para elaborar papel. Difere-se da celulose de integração, que é aquela destinada diretamente pelo seu produtor para elaborar papel pela mesma empresa ou outra pertencente ao mesmo grupo.

florestas plantadas (o que atende às pressões ambientais) e está sendo elaborada a custos decrescentes. Isto tem estimulado as empresas situadas no Brasil a participarem no mercado externo.

Como consequência da instalação de empresas produtoras de celulose voltadas ao atendimento do mercado externo e do crescimento das exportações deste produto, as receitas cambiais do Brasil com as exportações de celulose aumentaram. Em 1970, as exportações de celulose geraram US\$ 5,7 milhões de receita cambial; em 1980, 364 milhões; e em 2005, US\$ 2,033 bilhões de dólares.

Um dos fatores que afeta substancialmente a competitividade brasileira na produção de celulose refere-se ao custo de produção desse produto. O Brasil possui tendência descendente no custo total de produção de cada tonelada de celulose branqueada de fibra curta. O custo brasileiro de produção por tonelada de celulose passou de US\$ 490,00 em 1980 para US\$ 448,00 por tonelada em 2005. Em reais deflacionados a preços de agosto de 1994, esses custos foram, respectivamente, R\$ 1.122,71 por tonelada e R\$ 827,01 por tonelada, o que significou queda de 26,34%. Com isso, o Brasil saltou da posição de país com maior custo de produção da celulose branqueada de fibra curta (BHKP) para a de país com menor custo na produção desse tipo de celulose em 2004.

Os elementos responsáveis pela redução desse custo na produção da celulose brasileira associam-se aos custos da madeira, da energia, dos produtos químicos e do trabalho. Contudo, o Brasil apresenta baixo desempenho em relação aos custos com transporte, juros e à depreciação, como evidenciado por Sanjuan e Bacha (2003).

Observa-se, no entanto, que há escassez de trabalhos analisando por que houve essa redução no custo de produção da celulose e seus impactos na indústria, em especial em sua exportação. Normalmente, as reduções de custo de produção estão associadas a vários fatores, tais como o surgimento de economias de escala, inovação tecnológica e mudanças de preços relativos. Até o presente momento, esses fatores não foram analisados como gerador de redução no custo de produção da celulose no Brasil.

Os ganhos de escala podem surgir a partir da re-estruturação de uma indústria, onde os processos de fusões e aquisições levam a ampliar o tamanho médio das empresas. Esses ganhos de escala também se associam às inovações tecnológicas. Essas últimas, por si só, levam as empresas a pouparem insumos gerando reduções de custos.

A mudança de preços relativos, por exemplo, a razão preço de insumo/preço do produto, se associa à abertura comercial de um país, ao seu sistema tributário, à mudança na sua pauta de produção, entre outros fatores.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é analisar a evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005, dando destaque à reorganização e às inovações tecnológicas que ocorreram e seus impactos sobre a competitividade, e desta sobre as exportações brasileiras de celulose.

1.2.2 Objetivos específicos

1) Analisar a estrutura e o desempenho da indústria brasileira de celulose, a partir da década de 1980, avaliando sua produção, exportação e custo de produção, bem como sua reorganização, ressaltando as mudanças que surgiram e seus impactos na competitividade da indústria;

2) Identificar as pesquisas e inovações tecnológicas que ocorrem nas áreas florestal e industrial e ressaltar seus possíveis impactos sobre a competitividade da indústria brasileira de celulose no mercado internacional;

3) Analisar a evolução das exportações brasileiras de celulose, elaborando um modelo econométrico para evidenciar os principais determinantes dessas exportações e que se relacionam com a competitividade da indústria nacional. Pretende-se especificar e estimar as equações de oferta e demanda externa por celulose brasileira, no período de 1980 a 2005.

1.3 Estrutura da dissertação

O presente trabalho está organizado em sete capítulos, incluindo esta introdução. O capítulo 2 analisa a literatura sobre o tema em discussão, evidenciando a contribuição desse

trabalho. O capítulo 3 apresenta o referencial teórico e metodológico usado neste trabalho. Os capítulos 4, 5 e 6 referem-se aos resultados do trabalho. O capítulo 4 caracteriza o sistema agroindustrial da celulose e analisa a estrutura e o desempenho da indústria brasileira de celulose, a fim de ressaltar as mudanças que surgiram e seus impactos na competitividade dessa indústria. O capítulo 5 analisa as pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e na indústria brasileira de celulose, procurando mostrar como essas pesquisas e inovações contribuíram para a expansão do segmento produtivo de celulose no Brasil. O capítulo 6 faz a análise econométrica do comportamento das exportações brasileiras de celulose, verificando quais são os principais determinantes da oferta e demanda por essas exportações. O capítulo 7 apresenta as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há diversos trabalhos analisando a evolução e a organização da indústria de celulose no Brasil. Esses estudos podem ser agregados nos seguintes tópicos: a) trabalhos analisando a organização da indústria; b) trabalhos analisando o papel das políticas públicas em estimular a indústria de celulose no Brasil; c) estudos sobre a geração de empregos; d) estudos sobre ciclos de preços e produção de celulose; e) estudos sobre pressões ambientais sofridas pela indústria brasileira de celulose f) trabalhos sobre a competitividade da indústria; g) trabalhos sobre a tecnologia e inovação tecnológica na indústria de celulose brasileira; e h) trabalhos sobre a dinâmica das exportações brasileiras de celulose e estudos sobre o comércio exterior desse produto.

2.1 Literatura sobre a organização da indústria brasileira de celulose

Avaliando a organização da indústria, foram encontrados trabalhos analisando a estrutura da indústria de celulose no Brasil, trabalhos aplicando a economia dos custos de transação na análise da indústria e trabalhos sobre a reestruturação da indústria brasileira de celulose.

O trabalho de Pizzol e Bacha (1998b) analisou a estrutura da indústria de celulose no Brasil e também abordou suas vantagens e desvantagens frente aos principais concorrentes internacionais. De acordo com esse trabalho, a indústria brasileira de celulose caracteriza-se por uma produção pouco diversificada, há integração vertical com a base florestal e ela é bastante concentrada em poucas empresas e em alguns estados. Além disso, o trabalho de Pizzol e Bacha (1998b) destaca que a indústria brasileira de celulose encontrava, na década de 1990, algumas barreiras à competitividade no mercado internacional, como infra-estrutura inadequada de serviços de transporte e de telecomunicações, financiamentos com altas taxas de juros, alto custo de depreciação, por exemplo.

Dentro do enfoque da Economia dos Custos de Transação - ECT, podem ser citados os trabalhos de Ribeiro, A. (1998) e Ribeiro, B. (1998). No estudo de caso de Ribeiro, A. (1998), aplicou-se a ECT à Cia. Suzano de Papel e Celulose em dois momentos caracterizados por ambientes institucionais diferentes: 1) período do estabelecimento da indústria de celulose no país e 2) período de término dos incentivos fiscais ao reflorestamento. Os principais resultados

mostraram que a mudança institucional com o fim dos incentivos fiscais representou elevação de custos para a atividade florestal e mudou a estrutura da governança da empresa analisada de 100% hierárquica para estruturas de menor custo de transação compostas de 80% de hierarquia e 20% de contratos. Já Ribeiro, B. (1998) utilizou o arcabouço teórico da ECT para analisar as estratégias de coordenação vertical das empresas produtoras de celulose em relação ao transporte de madeira. De forma genérica, os resultados obtidos no trabalho foram compatíveis com o resultado de que altos níveis de especificidade de ativos estariam associados à contratação de grandes transportadoras. Por outro lado, a contratação de pequenas transportadoras ou caminhoneiros autônomos está associada aos baixos níveis de especificidades, entretanto, a contratação de grandes transportadoras não está restrita apenas a transações com altos valores de especificidade.

O trabalho de Silva (2000) evidencia a importância da reestruturação das empresas do setor de celulose e papel no Brasil, mediante o processo de alianças, fusões e aquisições, com a finalidade de ganhar escala de produção, reduzir custos e atingir níveis de produção compatíveis com a competição no mercado internacional. Além disso, o trabalho refere-se à reestruturação como tendência mundial diante de clientes cada vez maiores e globalizados. Para ilustrar, de acordo com Bacha et al. (2004), nos últimos anos, a Suzano passou a controlar integralmente a Bahia Sul, a VCP comprou 28% da Aracruz e, em 2004, a Suzano Papel e Celulose e a VCP adquiriram a integralidade das ações da Ripasa. Esses processos de reestruturação têm como meta o surgimento de grupos com maior força para atuar no mercado internacional.

2.2 Literatura sobre o papel das políticas públicas na indústria brasileira de celulose

Ao longo dos anos, as políticas federais tiveram importância fundamental para o desenvolvimento do setor de celulose e papel. Essas políticas permitiram a criação de um parque industrial internacionalmente competitivo e a formação de uma base tecnológica florestal capaz de garantir aumentos constantes de produtividade.

O estudo de Silva (1996) relata o panorama da expansão da produção industrial de celulose na década de 1970. O autor relata que nessa época, em que a celulose de eucalipto produzida pelo Brasil já era considerada de alta qualidade, a indústria obteve grande apoio governamental, através de incentivos fiscais para reflorestamento, através da atuação do

Conselho de Desenvolvimento Industrial - CDI e através dos investimentos realizados com a participação acionária do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES.

Segundo o BNDES (2002) foi com o II Plano Nacional de Desenvolvimento que foram ampliadas as bases para a indústria nacional de celulose. A fim de reduzir a dependência em relação a fontes externas, foi formulado o Primeiro Programa Nacional de Papel e Celulose - I PNPC - em 1974. O objetivo desse programa era impulsionar o aprimoramento da tecnologia florestal e alcançar a auto-suficiência tanto em papel quanto em celulose, possibilitando a geração de excedentes exportáveis. Esse programa, segundo o BNDES (2002), recomendou ao BNDES as seguintes medidas para o setor:

1. apoiar ampliações e modernizações das unidades industriais existentes;
2. estimular a implantação de novas fábricas de papel, celulose e pasta mecânica, bem como a fusão, incorporação ou outras formas de associação de empresas do setor, visando a melhorar a eficiência e obter economias de escala;
3. estimular a redução dos efeitos poluidores das unidades fabris, bem como a recuperação de produtos químicos empregados no processo industrial;
4. estimular a integração floresta-indústria, em termos espaciais e empresariais, evitando a dispersão de recursos florestais e minimizando os custos de exploração, transporte e produção;
5. apoiar a pesquisa florestal, com o objetivo de obter melhoria dos resultados técnicos e econômicos no reflorestamento, na seleção de mudas e melhoria de espécies, no espaçamento, na adubação, na mecanização, na exploração florestal etc.

Sendo assim, o governo, por meio do BNDES, desempenhou papel significativo na execução das políticas nos segmentos de reflorestamento, produção de celulose e papel, de celulose de mercado e de máquinas e equipamentos. Conforme o BNDES (2002), as aprovações para o setor totalizaram R\$ 8,68 bilhões entre 1974 e 1980, correspondendo a uma média anual de R\$ 1,24 bilhão. Os resultados desse suporte proporcionaram a atual configuração do setor de celulose e papel no Brasil.

Hilgemberg e Bacha (2001) mostraram de que maneira a política pública levada a cabo pelo Brasil, em boa parte pelo BNDES, contribuiu de maneira decisiva para a criação e organização do setor exportador de celulose brasileira, tal qual ele se apresenta hoje. Segundo os

autores na década de 1980, a indústria brasileira de celulose alcançou sua maturidade e se consolidou operando com equipamentos compatíveis com a tecnologia mundial e integrada com a produção florestal. A indústria brasileira já era, nessa época, auto-suficiente na produção de matéria-prima florestal plantada e, assim, adaptada a esse tipo de pressão ambiental. Isso proporcionou ao país alcançar posição de destaque na produção mundial de celulose e papel nos anos 80. Foi nesse período, de expressivo crescimento da produção de celulose, a entrada em operação de dois projetos financiados pelo BNDES: a Aracruz Celulose e a Cenibra, que produziam celulose branqueada de fibra curta (eucalipto), para exportação.

Com o novo ciclo de investimentos, no período de 1985 a 1995, nasceu o Segundo Programa Nacional de Papel e Celulose - II PNPC, o qual tinha como meta ampliar a oferta de celulose, a fim de aumentar suas exportações; implantar florestas destinadas ao auto-abastecimento das fábricas; e proporcionar incentivos fiscais para importação de equipamentos para o setor. Assim, foi no âmbito desse programa que nasceram novos players no setor: Bahia Sul Celulose, atual Suzano Bahia Sul, e o Grupo Votorantim. O BNDES participou ativamente do ciclo de investimentos desse período agindo mais intensamente no mercado de capitais, administrando sua carteira de ativos do setor, a fim de reduzir os riscos das operações.

Nos anos 2000, segundo Sanjuan e Bacha (2003), a parceria BNDES com o setor de celulose e papel continua sendo importante para viabilizar os investimentos das empresas de celulose. Como exemplo, nota-se a participação do BNDES na viabilização da terceira fábrica da empresa Aracruz Celulose, conhecida como Fábrica C, que foi inaugurada em maio de 2002. Tal empreendimento consumiu US\$ 807 milhões em investimentos, dos quais o BNDES financiou US\$ 300 milhões (ARACRUZ DESENVOLVE ..., 2006).

Pode-se concluir que o papel das políticas públicas, principalmente as captaneadas pelo BNDES, permitiu que os investimentos realizados pelo setor amadurecessem e foi crucial para que o Brasil ocupasse lugar de destaque na produção mundial de celulose e papel.

2.3 Literatura sobre a geração de empregos

Estudos que comprovam a importância da participação do setor de base florestal (que inclui celulose, papel, papelão e produtos de madeira sólida entre outros) na participação do PIB e na geração de empregos também foram encontrados. Conforme a Associação Brasileira da

Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMICI (2004) estima-se que o PIB do setor de base florestal alcançou US\$ 25 bilhões em 2004, o que representa 4,1% do PIB brasileiro neste mesmo ano. Além disso, esse estudo destaca que o setor de base florestal é um dos principais segmentos geradores de emprego na economia brasileira. Em 2004, a cadeia produtiva do setor de base florestal gerou 6,5 milhões de empregos diretos e indiretos, o que representa 7,4% da população economicamente ativa do Brasil, demonstrando uma forte contribuição socioeconômica para o país.

2.4 Estudo sobre ciclos de preços e produção de celulose

Pizzol e Bacha (1998a) analisaram o comportamento dos ciclos de preços e produção referentes à celulose, procurando identificar ciclos em uma série anual de preços recebidos pela celulose exportada pelo Brasil.

A celulose apresenta ciclos de preços de duração não periódicos. Os preços caracterizam-se por apresentar intensa flutuação e períodos imprevisíveis de alta e baixa. Para sobreviver às flutuações de preços, as empresas devem aproveitar o melhor momento dos ciclos de preços para investir. Elas devem investir na fase de queda dos preços, para que a maturação de seus investimentos surja na fase de preços favoráveis. (PIZZOL; BACHA, 1998a, p. 9).

2.5 Literatura sobre as pressões ambientais sofridas pela indústria brasileira de celulose

Os trabalhos de Pizzol e Bacha (1998b), Silva (1996) e Hilgemberg e Bacha (2003) desenvolveram estudos sobre as pressões ambientais impostas sobre as indústrias de celulose e papel. O primeiro evidenciava a situação do Brasil, da Europa Ocidental, da América do Norte e da Ásia frente às pressões ambientais na década de 1990; o segundo mostra as medidas ambientais relacionadas com o comércio internacional - Trade-Related Environmental Measures – TRENS; e o terceiro analisa a organização industrial da produção de celulose de mercado no Brasil e os impactos das pressões ambientais sobre essa indústria. Em parte, essas pressões refletem um pouco do protecionismo disfarçado sob o manto da preocupação ecológica. Os

países europeus e da América do Norte querem barrar a entrada, em seus mercados, de fibras mais competitivas (brasileira, chilena e da Indonésia, por exemplo) minimizando o risco de suas tradicionais indústrias produtoras de celulose quebrarem.

Segundo Hilgemberg e Bacha (2003), as pressões ambientais são aquelas oriundas das legislações dos países importadores, dos consumidores e de grupos ambientalistas e referem-se à aceitação “voluntária”, por parte dos ofertantes de celulose nos mercados mais exigentes, de determinados padrões de conduta, os quais, segundo Pizzol e Bacha (1998b), estão relacionados aos seguintes fatores: adoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, o combate ao uso de cloro elementar no branqueamento da celulose e o estímulo ao crescimento do uso de fibras recicláveis.

Em relação ao uso de fibras recicláveis, há na literatura estudos que mostram as vantagens e desvantagens do uso de fibras recicláveis na fabricação de papéis. As desvantagens encontradas foram: a) as fibras recicladas não apresentam a mesma cor branca das fibras virgens; b) como as fibras recicladas já sofreram tratamento mecânico durante o novo processo de branqueamento, essas fibras podem perder suas formas estruturais; c) em média, as fibras recicladas são mais curtas e apresentam menor capacidade de dilatação que as fibras virgens. Assim, os papéis fabricados com as fibras recicladas apresentam menor qualidade e resistência, se comparados aos papéis fabricados com fibras virgens; d) necessidade de padronização do material reciclado. Já as vantagens do uso de material reciclado são: a) baixo consumo de energia nos processos industriais; b) apresentam propriedades de menor resistência e baixa densidade, podendo ser aproveitadas na fabricação de papéis de parede e alguns papéis de impressão (RECYCLED PULP ..., 2004).

Também foi encontrado dentro desse tema, assuntos relacionados à preocupação dos países em relação ao Protocolo do Kyoto. Möllersten (2004) analisou em seu estudo alternativas para minimizar as emissões de gás carbônico nas indústrias de papel e celulose na Suécia, identificando tecnologias de captura e seqüestro de gás carbônico, como forma de tornar o processo industrial mais sustentável.

2.6 Literatura sobre a competitividade da indústria brasileira de celulose

Outra bibliografia de fundamental importância para este trabalho relaciona-se ao conceito de competitividade e seus geradores. O trabalho de Sanjuan e Bacha (2003) define e avalia competitividade na indústria brasileira de celulose. De acordo com os autores, um dos fatores que afeta substancialmente a competitividade brasileira na produção de celulose refere-se ao custo de produção da celulose. O mencionado trabalho constatou que o Brasil possui tendência descendente no custo total de produção de cada tonelada de celulose branqueada de fibra curta. O custo brasileiro de produção por tonelada de celulose passou de US\$ 490,00 em 1980 para US\$ 359,00 por tonelada em 2001. Com isso, o Brasil saltou da posição de país com maior custo de produção da BHKP para a de país com menor custo na produção desse tipo de celulose. Já o estudo de Jorge (2001) relaciona competitividade aos fatores internos às empresas, aos fatores estruturais e aos fatores sistêmicos. Além disso, esse estudo identificou que as vantagens competitivas do setor de celulose e papel estão associadas a melhores condições de infra-estrutura física e científico-tecnológica, maior interação com fabricantes de equipamentos e possibilidade de se favorecer de políticas protecionistas que venham a ser adotadas. Em sua pesquisa, é relatado que a concorrência, cada vez mais globalizada, indica que não será suficiente um diferencial de custos de produção ou a integração com uma base florestal eficiente. A engenharia financeira dos projetos, dados os elevados custos de capital, as tecnologias de processo e produto e as formas de comercialização, entre outros, passam a ser variáveis críticas do processo competitivo.

2.7 Literatura sobre pesquisas e inovações tecnológicas no setor de celulose e papel

O estudo do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT (BRASIL, 2002) traz as principais demandas públicas e privadas em termos de pesquisa na área de tecnologia de celulose e papel. Estas demandas são divididas nos seguintes itens:

1. novas ferramentas analíticas para avaliação de parâmetros de qualidade da madeira, de forma a permitir a avaliação de um maior número de materiais em reduzido espaço de tempo;

2. desenvolvimento de sistemas de simulação de processos modificados de polpação e branqueamento - modelagem matemática;
3. processos de polpação e branqueamento para fibras longas oriundas de florestas plantadas no Brasil;
4. desenvolvimento/modificação de processos visando a superação da barreira do rendimento;
5. utilização da biotecnologia em processos de polpação e branqueamento de polpa celulósica, tais como o desenvolvimento e utilização de enzimas;
6. morfologia de fibras e sua relação com a silvicultura e características de polpa e papel;
7. genômica funcional aplicada à celulose e papel;
8. desenvolvimento de tecnologias de polpação e branqueamento para recursos fibrosos não-convencionais;
9. fechamento de circuitos - redução/eliminação de emissões ambientais.

Com relação às fontes de recursos públicos e privados para a pesquisa no setor florestal brasileiro, o trabalho do MCT (BRASIL, 2002) concluiu que 54 organizações contribuem para a pesquisa e desenvolvimento em ciência, tecnologia e inovação. O trabalho ressalta que apesar da maior parte da produção científica florestal no Brasil ser gerada por pesquisadores ligados às Universidades, à Embrapa e por poucos institutos de pesquisa especializados, há notável produção científica de dezesseis empresas de base florestal.

Conforme o MCT (BRASIL, 2002), o setor de celulose e papel tem um modelo institucional de investigação científica e tecnológica dividida entre o setor privado e o setor público. Esta divisão, no entanto, segundo esse trabalho, deve ser avaliada de forma criteriosa, pois as atividades desenvolvidas pelas empresas do setor de celulose e papel estão voltadas, quase que exclusivamente, para a solução de problemas intrínsecos de cada empresa, não podendo ser efetivamente classificadas como investigação científica e tecnológica. Assim, as atividades efetivas de investigação científica e tecnológica estão ligadas ao setor público, neste caso, representados pelas universidades. O estudo também mostrou que, no Brasil, existem atualmente dois centros de pesquisa e ensino atuantes na área de celulose e papel, localizado na Universidade Federal de Viçosa – MG e na Universidade de São Paulo - SP.

Segundo o MCT (BRASIL, 2002), as fontes de recursos destinados à pesquisa em processamento químico, que abrange celulose e papel, carvão, resinas e óleos essenciais, são oriundas quase que exclusivamente do setor público. Os recursos do setor público são disponibilizados por agências de fomento à pesquisa tais como Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Financiadora de Estudos e projetos - FINEP, Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, entre outras.

Analisando a tecnologia usada no Brasil pela indústria de celulose, tem-se o trabalho de Cruz (2001). O autor relata que a tecnologia florestal brasileira já pode ser considerada consolidada, uma vez que após 25 anos de pesquisa, o desenvolvimento genético alcançado para o eucalipto permite o corte para industrialização aos sete anos, com alta produtividade, enquanto as florestas boreais do hemisfério norte têm um ciclo de no mínimo trinta anos, sendo que, usualmente, cortam-se matas nativas.

Outra bibliografia, em relação a esse tema de tecnologia e inovação tecnológica, engloba os estudos genômicos considerados significativos para o setor de celulose e papel. O projeto Genolyptus, desenvolvido pelos laboratórios da Klabin, permite consolidar a liderança do país na produção de fibras de eucalipto e permite que a indústria nacional concorra com os experimentos realizados por laboratórios estrangeiros. Tal projeto, por meio de mapeamento genético, possibilita desenvolver espécies de eucalipto propícias para cada região, como as que são resistentes à geada, ao solo mais arenoso ou a reduções de índices pluviométricos, por exemplo. Dessa maneira, essa experiência reflete uma forma de agregar valor ao setor e ampliar a competitividade brasileira no mercado internacional de papel e celulose (PARA EMPRESÁRIOS..., 2002).

Faz-se necessário ressaltar que a literatura acima mencionada não mostrou como as políticas públicas afetaram as atividades de pesquisas ocorridas na silvicultura brasileira. Além disso, não foram mencionadas como essas pesquisas se materializaram em inovações tecnológicas e como essas inovações, ocorridas na silvicultura e na produção industrial de celulose, contribuíram para a expansão do setor. Sendo assim, este trabalho irá contribuir para compreender mais detalhadamente esses processos.

2.8 Trabalhos sobre análise econométrica do comércio internacional de celulose

A análise das exportações brasileiras de celulose e a dinâmica do mercado externo desse produto já foram tratadas nos trabalhos de Hilgemberg e Bacha (2001) e Cruz (2001), por exemplo. Há, na literatura especializada, muitos tipos de modelos que podem ser usados para estudar o comércio internacional de celulose. Como exemplo, pode-se citar o modelo *constant market share* de Richardson (1971)². Este modelo, como mostra Oliveira (1995), procura explicar as mudanças no comportamento das exportações de determinado produto com base no crescimento total do comércio mundial, no crescimento de cada mercado importador e na estrutura dos acordos internacionais de comércio.

Outros trabalhos econométricos procurando analisar a dinâmica do mercado externo de celulose também foram encontrados. O estudo de Silva (1996) procurou especificar e estimar as relações estruturais do mercado brasileiro de celulose. Para isto, foram estimados modelos dinâmicos de oferta total, demanda interna e demanda de exportação, que expressam as relações do mercado a curto e longo prazos. O período de tempo analisado foi de 1978 a 1993.

Dentre as principais conclusões do trabalho de Silva (1996) tem-se que as elasticidades-preço da oferta de celulose foram 0,11 e 0,18 a curto e longo prazos, respectivamente, indicando que esta oferta é inelástica em relação ao seu preço. Além disso, na demanda interna de celulose verificou-se que as elasticidades-preço foram -0,12 e -0,18, a curto e longo prazos, respectivamente, indicando que a demanda também é inelástica com relação ao preço do produto. As elasticidades-renda foram de 1,14 e 1,17, a curto e longo prazos, respectivamente, concluindo-se que a demanda interna é mais sensível às variações na renda do que a variações nos preços. Em relação à demanda de exportação, os resultados foram semelhantes. As elasticidades-preço foram de -0,17 e -0,37, a curto e longo prazos, respectivamente, enquanto as elasticidades-rendas foram de 0,67 e 1,14, respectivamente. Dessa maneira, verifica-se, também, que a demanda de exportação é mais sensível às variações na renda dos países importadores do que às variações no preço de celulose. A demanda de exportação de celulose também mostrou-se pouco sensível às variações no preço de papel e papelão.

² RICHARDSON, D. Constant: market shares analysis of export growth. **Journal of International Economics**, Michigan, v. 1, n. 2, p. 227-239, 1971.

O trabalho de Oliveira (1995) empregou um modelo de comércio internacional para estimar a demanda de importação da celulose originada pelos sete principais mercados importadores (Estados Unidos, Japão, Itália, Alemanha, França, Inglaterra e Bélgica). Além disso, este autor construiu um modelo mundial de comércio internacional de celulose, para simular os efeitos nos preços e nos fluxos deste produto ocasionados por qualquer choque exógeno que ocorra no mercado internacional.

Com relação às principais conclusões do trabalho de Oliveira (1995), tem-se que as mudanças exógenas, que estimulam o crescimento da demanda de celulose no Japão e na Europa, beneficiam todos os países exportadores, com mais vantagens para Canadá e Estados Unidos, que têm participações maiores naqueles mercados. Os aumentos na produção de celulose dos Estados Unidos promovem as maiores quedas de preço no mercado internacional, afetando os fluxos comerciais dos países exportadores. A taxação de celulose no mercado europeu é prejudicial a todos os países exportadores, enquanto os aumentos na produção de celulose brasileira praticamente não afetam os fluxos e preços do comércio mundial.

Sanjuan e Bacha (2003) realizaram uma análise econométrica dos determinantes das exportações brasileiras de celulose no período de 1980 a 2001 estimando apenas uma equação de oferta. As variáveis determinantes das exportações de celulose foram: preço em dólar da celulose exportada, custo de produção da celulose (em dólar), capacidade instalada de produção e taxa de câmbio bilateral real. Constatou-se que as exportações brasileiras de celulose pouco respondem a variações de preços e custo de produção, sendo afetadas, principalmente, pela capacidade instalada e pela taxa de câmbio. Esses resultados são consistentes com o fato de que parcela expressiva da indústria de celulose de mercado foi estabelecida para atender ao mercado externo, independente das conjunturas de preços que ocorram nesse mercado.

Essa dissertação difere dos trabalhos já analisados na literatura, pois pretende-se estimar as equações de oferta e demanda pela exportação brasileira de celulose no período de 1980 a 2005, utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários em dois estágios, considerando como variáveis endógenas ao modelo a quantidade da celulose exportada pelo Brasil e o preço de exportação da celulose brasileira. As variáveis predeterminadas do modelo são o custo de produção, a capacidade instalada, o preço dos concorrentes e a renda dos países importadores da celulose brasileira. Comparando o presente trabalho com os trabalhos existentes na literatura, notou-se que o trabalho de Sanjuan e Bacha (2003) apenas analisou a oferta de

exportação de celulose para o período de 1980 a 2001. O trabalho de Oliveira (1995) teve objetivo diferente ao dessa dissertação, já que considerou somente a estimativa da demanda de importação da celulose originada pelos sete principais mercados importadores de celulose (Estados Unidos, Japão, Itália, Alemanha, França, Inglaterra e Bélgica). Além disso, o autor utilizou, para o período de 1973 a 1989, a formulação do modelo especificado por Armington (1969)³ conhecido como a teoria da demanda por produtos, distinguidos por local de origem. O trabalho de Silva (1996), por sua vez, estimou as relações estruturais do mercado brasileiro de celulose por meio de três equações, oferta total, demanda interna e demanda de exportação. As equações do sistema foram ajustadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários, já que o mencionado autor considerou todas as variáveis explicativas como sendo predeterminadas. As variáveis que foram utilizadas para explicar as variações na quantidade de oferta total de celulose foram produção de celulose defasada de um ano, o preço médio da celulose, o preço médio das máquinas e equipamentos industriais e a tendência (variável que procura captar alterações temporais em variáveis como a evolução tecnológica). Já as variáveis que se mostraram relevantes para explicar a demanda interna foram: quantidade demandada defasada, preço interno da celulose, produto interno bruto per capita e a tendência (para demanda interna). As variáveis explicativas da demanda externa de celulose foram: demanda externa de celulose defasada de um ano, preço da celulose recebido pelos exportadores, renda interna dos cinco maiores importadores de celulose e a tendência (variável que procura captar mudanças estruturais ao longo do tempo). O trabalho de Silva (1996) realizou essa análise para o período de 1978 a 1993.

Além disso, na literatura encontrada, também há escassez de trabalhos analisando a reorganização da indústria de celulose e as inovações tecnológicas como fontes geradoras do ganho de competitividade obtido pela indústria brasileira de celulose e responsáveis pelo incremento expressivo das exportações brasileiras desse produto. As informações que serão geradas neste trabalho serão úteis a estudiosos e formuladores de políticas referentes à indústria de celulose no Brasil.

³ ARMINGTON, P.S. A theory of demand for products distinguished by place of production. **International Monetary Fund Staff Papers**, Washington, v. 16, p. 159-178, 1969.

3 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

3.1 Referencial teórico

Para caracterizar e relacionar aspectos da estrutura e do desempenho da indústria brasileira de celulose e que se relacionam com a inserção dessa indústria no comércio internacional desse produto será utilizado o paradigma Estrutura-Condução-Desempenho - ECD.

Segundo Koch (1980), a organização industrial consiste no estudo teórico e empírico de como a organização do mercado e a condução dos compradores e vendedores afetam o desempenho econômico e o bem-estar. A abordagem ECD estabelece uma relação causal entre a estrutura de um mercado, ou indústrias, a condução das firmas e o desempenho das mesmas. Conforme esta abordagem, cada um desses itens (estrutura, condução e desempenho) são dependentes entre si, isto é, o desempenho de uma indústria depende da condução que, por sua vez, é função da estrutura.

Conforme Scherer e Ross (1990), a estrutura depende das condições básicas de oferta e demanda por um produto e engloba elementos como o número de compradores e vendedores, diferenciação do produto, barreiras à entrada, estruturas de custos, integração vertical e diversificação do produto. As questões incluídas na oferta são tecnologia, matéria-prima, durabilidade do produto, localização e economias de escala e escopo. Já as condições de demanda são as elasticidades de preço, disponibilidade de bens substitutos, sazonalidade e taxa de crescimento da demanda. Para analisar a estrutura de mercado, por sua vez, é necessário definir o mercado relevante. De acordo com Church e Ware (2000), o mercado relevante é o mercado⁴ de atuação da firma e dos consumidores, para o qual serão calculados os índices de concentração.

A condução, por sua vez, depende da estrutura de mercado relevante e está relacionada às estratégias de preço, produto e propaganda, pesquisa e inovação, investimentos, táticas legais e acordos.

Por fim, o desempenho da indústria depende da condução das empresas e abrange as variáveis eficiência alocativa e produtiva, qualidade do produto, lucros e avanços tecnológicos.

⁴ De acordo com Koch (1980), mercado é um conjunto de agentes (firmas ou indivíduos), em que cada um oferta produtos ou serviços que tem algum grau de substituição, para os mesmos compradores potenciais. Três questões são consideradas na definição de um mercado: a intercambialidade entre os produtos, as questões geográficas e o fator tempo.

Além disso, as políticas governamentais (taxas e subsídios, regras de comércio internacional, incentivos fiscais etc.) podem influenciar a estrutura, a conduta e o desempenho da indústria.

Para estudar a importância das pesquisas e inovações tecnológicas será utilizado parte do instrumental da teoria microeconômica, em especial a que engloba o estudo do comportamento das indústrias, seus avanços tecnológicos e produtividade.

Por meio da introdução das pesquisas e dos avanços tecnológicos, a função de produção de uma indústria (relação entre quantidade de insumos e quantidade de produto) desloca-se para cima, o que reflete o aumento da produtividade. Esse aumento da produtividade diminui o custo total médio da indústria (custo total dividido pela quantidade produzida). Assim, a curva de custo total médio da indústria sofre um deslocamento para baixo devido aos avanços tecnológicos.

Além disso, também será utilizado o paradigma Estrutura-Conduta-Desempenho - ECD para ressaltar como as pesquisas e inovações tecnológicas levaram a indústria brasileira de celulose a ter grande competitividade e, por isso, alcançar significativa participação no comércio internacional de celulose.

3.2 Metodologia e dados utilizados

3.2.1 Metodologia

Para o estudo da estrutura de mercado da indústria brasileira de celulose são analisados o grau de concentração e a desigualdade desta indústria por meio dos seguintes índices: razão de concentração para as quatro maiores empresas (CR4)⁵ e o índice de Herfindahl-Hirschman, o qual mede tanto a participação como a desigualdade existente na indústria. Esses dois índices foram calculados a partir da produção anual como variável indicativa. Já o desempenho do setor é analisado em termos de evolução das exportações, do comportamento de preços da celulose e da evolução do lucro das maiores empresas do setor.

⁵ A razão de concentração para as 4 maiores (CR4) mostra a parcela da produção correspondente às quatro maiores empresas do mercado. Embora este indicador seja muito utilizado como indicativo da concentração de mercado e de sua respectiva estrutura, ele não indica quantas são as firmas que ficaram fora do cálculo do índice e permanece inalterado no caso de fusão entre as firmas que ficaram fora do cálculo do mesmo (MORAES, 1996).

Através da revisão de literatura será possível diagnosticar as etapas da silvicultura e da produção industrial que receberam, ao longo do tempo, maior atenção das pesquisas. A periodicidade utilizada são as décadas de 80, 90 e os anos 2000. Para avaliar como essas pesquisas se transformaram em inovações tecnológicas e a importância dessas inovações foram entrevistados, através de questionários (ver ANEXO A), especialistas nas etapas florestal e industrial. Na elaboração desses questionários foram consultados professores do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ. A amostra dessa pesquisa é composta por professores universitários da ESALQ, da Universidade Federal de Santa Maria, da Universidade Federal de Pernambuco, da Universidade Federal de Viçosa, da Universidade Federal do Paraná, pesquisadores da área de estudo e empresas do setor. Além disso, para testar se as inovações tecnológicas referentes às áreas florestal e industrial diferem entre as décadas de 1980, 1990 e os anos 2000, foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon,⁶ que é indicado quando as variáveis são medidas em escala ordinal. Esse teste permite verificar se, em média, o grau de relevância atribuído a determinada inovação difere estatisticamente de uma década a outra. Os testes não paramétricos não exigem a normalidade dos dados, tampouco a homogeneidade das variâncias dos tratamentos. O software utilizado para o cálculo do teste não paramétrico de Wilcoxon foi o SPSS na versão 12.0.

Nas entrevistas, pergunta-se ao entrevistado, para cada período, se um tipo específico de inovação (identificado pela etapa do processo de produção) implicou em inovação tecnológica pouco relevante, relevante ou muito relevante. Para permitir o uso do teste de Wilcoxon, o valor 1 foi atribuído à resposta que indica uma certa inovação tecnológica ser pouco relevante, o valor 2 para o caso dela ser relevante e o valor 3 para o caso de ser muito relevante.

No caso das exportações brasileiras de celulose, a quantidade ofertada depende do preço em dólar da celulose exportada pelo Brasil (PBR); do custo de produção (CP), mensurado na mesma moeda que o preço, ou seja, em dólar por tonelada; e da capacidade instalada (CI). Já a quantidade demandada depende do preço em dólar da celulose exportada (PBR), do preço em

⁶ O teste das ordens assinaladas de Wilcoxon (Wilcoxon signed rank test) permite verificar se a diferença de valores de um par de observações – por exemplo (Xi, Yi), onde Xi é o valor da classificação de uma inovação tecnológica na década de 1980 e Yi o valor da classificação dessa mesma inovação na década de 1990 pelo mesmo respondente – são estatisticamente significativas ou não.

Utiliza-se assim, nessa dissertação, o cálculo de T* para o caso de haver empate no valor das diferenças (CAMPOS, 1979, p. 94-95).

dólar dos concorrentes da celulose brasileira (PCON) e do nível de atividade econômica do importador (PIB^E).

As equações genéricas das quantidades ofertada y^S e demandada de celulose y^D são:

$$y^S = f(PBR, CP, CI) \quad (1)$$

Essa equação na forma linear é representada por:

$$y^S = \alpha + \beta_1 \cdot PBR + \beta_2 \cdot CP + \beta_3 \cdot CI \quad (1a)$$

Espera-se que $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 > 0$

$$y^D = g(PBR, PCON, PIB^E) \quad (2)$$

Na forma linear, tem-se:

$$y^D = a_0 + a_1 \cdot PBR + a_2 \cdot PCON + a_3 \cdot PIB^E \quad (2a)$$

Espera-se que $a_1 < 0$, $a_2 > 0$ e $a_3 > 0$.

Os dados utilizados para estimar as equações (1) e (2) são provenientes de séries temporais anuais, abrangendo o período de 1980 a 2005. Não se trabalhou com um período maior, visto que alguns dados não estavam disponíveis. O software utilizado nas regressões é o *Stata*.

O método dos mínimos quadrados ordinários em dois estágios (2SLS) é utilizado para ajustar o modelo econométrico proposto, o qual se baseia em duas regressões de mínimos quadrados. Este método é apropriado para obter os valores dos parâmetros estruturais em equações superidentificadas. Para examinar a identificação das equações são realizadas as condições de ordem e posto. A condição de posto nos diz que a equação que está sendo

considerada está identificada ou não, enquanto a condição de ordem nos diz se ela está identificada exatamente ou sobreidentificada⁷. Além disso, é analisado o teste F para testar a significância estatística das regressões e o teste de t para verificar a significância estatística dos coeficientes estimados. A significância dos coeficientes, individualmente, foi verificada por meio do teste “t” de Student. A existência de correlação serial nos resíduos foi avaliada por meio do teste d, de *Durbin-Watson*, e pelo “h”, de Durbin, sendo este último utilizado para os modelos nos quais se utilizou uma variável endógena defasada como variável explicativa.

3.2.2 Dados utilizados

O presente trabalho utiliza a análise gráfica e tabular de dados secundários sobre produção, exportação e custo de produção de celulose brasileira e da produzida pelos principais concorrentes do Brasil. Tais dados foram coletados das seguintes fontes: Resource Information Systems (RISI), Bracelpa, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Base de dados da FAO - FAOSTAT, Ipeadata e Conjuntura Econômica.

No capítulo 4, foram utilizados dados da produção e exportação brasileira de celulose coletados da Bracelpa; produção, exportação e importação de outros países foram retirados da FAO; dados de importação da celulose brasileira pelos seus principais compradores, os quais foram coletados do MDIC; dados de custo de produção da celulose de fibra curta do Brasil e de seus principais concorrentes coletados da RISI; dados dos lucros das empresas, retirados da Conjuntura Econômica; e preço de exportação (R\$/ton) da celulose brasileira retirada do MDIC.

Os relatórios estatísticos da Bracelpa têm, como informações disponíveis, estatísticas anuais, a partir de 1980, sobre a evolução histórica da produção das pastas celulósicas (fibra longa e fibra curta), dados da exportação e importação brasileira de celulose, distribuição geográfica dessa produção e a área brasileira reflorestada. Além disso, a BRACELPA apresenta estatísticas a respeito de reciclagem, através de tabelas que ilustram o consumo de papéis usados

⁷ Seja:

M= o número de variáveis endógenas no modelo;

m= o número de variáveis endógenas em uma dada equação;

K= número de variáveis predeterminadas no modelo;

k = número de variáveis predeterminadas em uma dada equação;

Em um modelo de M equações simultâneas, para que uma equação seja identificada, deve-se excluir pelo menos M-1 variáveis (endógenas e predeterminadas que aparecem no modelo. Se ela excluir exatamente M-1 variáveis, a equação está exatamente identificada. Se ela excluir mais de M-1 variáveis, ela está sobreidentificada.

e a distribuição desse consumo por estado. Por fim, esse anuário estatístico também traz informações sobre a escala de produção das empresas e suas propriedades. Com isto, é possível usar os dados da BRACELPA para avaliar a reorganização das empresas e suas escalas de produção.

A FAO oferece informações sobre a quantidade exportada e importada e valor das exportações e importações de celulose para todos os países do mundo no período de 1961 a 2005.

O MDIC, por meio do sistema Alice⁸, permitiu o cálculo do preço de exportação da celulose (PBR e PCON) em dólares. Eles foram calculados dividindo-se o valor exportado (dólares FOB) pela quantidade exportada de celulose. Obtém-se, assim, o preço nominal.

O custo de produção (CP) da celulose brasileira e de outros países também é dado em dólares. Para obter o custo de produção, utilizou-se os dados da RISI.

Vale destacar que as três entidades citadas, BRACELPA, MDIC e FAO, apresentam dados com valores bastante próximos para o Brasil, não ocorrendo diferenças significativas.

No capítulo 5, foram utilizados dados secundários coletados através da análise de estudos técnicos e informativos disponíveis na literatura sobre a indústria brasileira de celulose. Esses dados foram apresentados na forma tabular e gráfica. Além disso, foram coletados dados primários através de questionários enviados via e-mail. As informações dos questionários abrangem as décadas de 1980, 1990 e os anos 2000. O questionário utilizado e a descrição das etapas selecionadas em cada área estão no Anexo A.

No capítulo 6, para a análise econométrica da oferta e demanda de celulose, considerou-se a quantidade exportada da celulose brasileira, preço de exportação, o custo de produção, a capacidade instalada, o preço dos concorrentes e a demanda internacional de celulose. A quantidade exportada bem como o preço da celulose brasileira no mercado internacional foram coletados da Bracelpa. O custo de produção foi obtido da RISI. A capacidade instalada (CI), medida em toneladas, também foi obtida da Bracelpa. O preço dos concorrentes da celulose brasileira foi retirado da FAO. Esse preço foi obtido por meio de uma média ponderada dos preços dos principais concorrentes da celulose brasileira: Estados Unidos, Canadá e Suécia. A variável PIB^E foi, inicialmente, mensurada pelo PIB médio dos principais países consumidores da celulose brasileira. Como essa medida do PIB^E não gerou bons resultados econométricos, ela

⁸ Disponível em: <<http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>.

foi redefinida como a quantidade mundial importada de celulose, obtida na base de dados da FAO.

4 ESTRUTURA E DESEMPENHO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CELULOSE

Este capítulo do trabalho busca discutir a evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005, analisando a organização dessa indústria, em termos de estrutura e desempenho diante de sua inserção no comércio internacional de celulose. Para tanto, à luz do paradigma Estrutura-Condução-Desempenho (tratado no capítulo 3), foram utilizados dados secundários sobre produção, exportação e custo de produção de celulose brasileira e da produzida pelos seus principais concorrentes.

4.1 Distinção entre polpa, celulose e pasta de alto rendimento

A polpa ou pasta celulósica é o principal insumo usado na fabricação de papel. Sua obtenção ocorre, principalmente, pela transformação da madeira através de diversos tipos de processos (químico, mecânico, mecanoquímica, quimimecânica, termomecânica e quimtermomecânica) com remoção total ou parcial da lignina. Esta última é a parte da composição vegetal que une as fibras celulósicas, aumentando a rigidez da parede celular vegetal, constituindo, juntamente com a celulose, a maior parte da madeira das árvores.

A celulose é o resultado do processamento químico, cuja operação consiste na remoção dos materiais não celulósicos da madeira, principalmente, a lignina. De acordo com Rocha (2006), o processamento químico é subdividido em processo kraft, processo sulfito e processo sulfato. Já a polpa obtida dos processos mecânicos ou parcialmente mecânicos é denominada pastas de alto rendimento - PAR. Nesse processo, a madeira é transformada em cavacos e submetida à ação de moinhos ou refinadores.

Além de ser classificada pelo tipo de processo produtivo, a polpa também é classificada quanto ao comprimento das fibras (longa, no caso de coníferas, e curta, no caso de folhosas) e quanto ao branqueamento dela (branqueada ou não branqueada).

Como a pasta de alto rendimento apresenta pequena importância na produção brasileira de polpa (apenas 4,92% em 2005), é comum no Brasil usar a palavra celulose para se referir à polpa (que inclui celulose e PAR).

No Brasil, a maior parte da celulose produzida é a de fibra curta pertencente à chamada “linha branca”, elaborada com espécies arbóreas folhosas, especialmente Eucalyptus

spp. As fibras de eucalipto (de 0,7 a 1,4 mm de comprimento) são aptas para gerar celulose a ser utilizada na confecção de papéis de baixa resistência ao rasgo, como os de imprimir e escrever, cartões e sanitários. Em relação ao tipo de processamento químico, o processo sulfato é o mais utilizado no Brasil, já que é adequado para a produção de pastas de eucalipto e de outras folhosas. A resistência da celulose sulfato é mais elevada que a dos demais processos, porém sua cor é mais escura, o que leva ao emprego de vários estágios de branqueamento para alvejá-la sem perda de resistência.

Conforme Higashi (1993), os fabricantes de celulose desenvolveram a tecnologia de produção da celulose de fibra curta, utilizando basicamente recursos nacionais e complementarmente de técnicos/ consultores e laboratórios situados no exterior.

4.2 Estrutura da indústria brasileira de celulose

A indústria brasileira de celulose compõe-se das empresas produtoras de celulose de fibra longa e curta. Uma parte dessas empresas destina a totalidade de sua produção de celulose a outras empresas coligadas, de modo a produzir papel. Há, nesse caso, a integração vertical na produção de celulose e papel. Um outro grupo de empresas só produz celulose ou vende parcela expressiva da produção no mercado, mesmo tendo a produção de papel. Essas empresas que vendem celulose no mercado constituem a indústria brasileira de celulose de mercado (HILGEMBERG; BACHA, 2003).

A Figura 1 mostra o atual sistema agroindustrial da celulose, o qual contribui na produção de bens de capital (máquinas, caldeiras etc.) e na construção de obras civis (instalações produtivas e de tratamento de resíduos). Em 2005, de acordo com a Bracelpa, a exportação brasileira de celulose totalizou US\$ 2,03 bilhões, o que significou aumento de 18,1% em relação a 2004. Esse sistema compõe-se, conforme Ribeiro, A. (1998), de diversos agentes que atuam no fornecimento de insumos para a produção florestal, na produção de madeira, no processamento da madeira bruta em celulose e esta em papel, e seus derivados. A cadeia inclui ainda serviços de transporte rodoviário, ferroviário e marítimo dos produtos fabricados e a recuperação de papel em processos de reciclagem deste material.

Figura 1 – Sistema agroindustrial da celulose no Brasil

Fonte: Adaptado de Ribeiro, A. (1998)

Nota: A atenção desse trabalho se restringe às fábricas de celulose.

O setor brasileiro de celulose e papel possuía, em 2005, 220 empresas localizadas em 450 municípios e em 16 estados, sendo que apenas cinco grupos respondiam por 73% da produção total da celulose no Brasil. Essa concentração deve-se, em grande parte, à origem do setor de celulose e papel no Brasil. Desde a sua concepção, o número de empresas participantes do mercado ficou sujeito à política de escala mínima do BNDES, de forma que a indústria de celulose já nasceu oligopolizada. Conforme Hilgemberg (2000), a intenção primeira do governo era criar um segmento exportador de celulose de mercado e, para tanto, era necessário um volume de produção que capacitasse as empresas nacionais a enfrentar a concorrência externa. A concentração também reflete o movimento de fusões e aquisições no setor de celulose e papel no mundo, ocorrido desde a segunda metade da década de 90. O auge deste processo ocorreu com a

fusão da finlandesa Stora com a Enso, da Suécia, que resultou no maior complexo industrial de celulose e papel do mundo, com capacidade para produzir 13 milhões de toneladas por ano. Como grande parte da produção brasileira de celulose é destinada ao mercado internacional, o setor brasileiro de celulose e papel, a fim de ganhar escala e ampliar seu *market share*, também seguiu essa tendência verificada na indústria mundial.

A produção brasileira total de celulose em 2005 foi de 10,35 milhões de toneladas. Os 19 maiores produtores brasileiros de celulose são mostrados na Tabela 1. Constata-se que a produção de celulose é concentrada em cinco grandes empresas: Aracruz, Votorantim, Klabin, e Suzano Bahia Sul e Cenibra. A produção brasileira de celulose, em 2005, teve como destino principal o mercado externo de acordo com a Bracelpa: 40,57% para consumo próprio, 7,80% foram direcionadas às vendas internas e 51,62% da produção foram direcionadas às vendas externas. Destaca-se que a Aracruz, a Votorantim e a Suzano Bahia Sul exportaram 96%, 90%, e 76%, respectivamente de suas produções. Os principais mercados de destino dessas exportações foram: Estados Unidos, Europa, Ásia e América Latina.

A Figura 2 mostra os maiores estados brasileiros produtores de celulose. Pode-se concluir que, além da indústria brasileira de celulose ser concentrada em poucas empresas, ela é também concentrada em poucos estados. São Paulo é o maior fabricante brasileiro de celulose, com uma participação de 31,88% em 2005. Nas colocações subseqüentes aparecem Espírito Santo, Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná. É importante destacar que a Bahia em 1985 participava com apenas 1,63% da produção brasileira de celulose, entretanto, em 2005, esse estado passou a ter um controle significativo de 10,8% dessa produção. Esse crescimento é devido às grandes fábricas de celulose, Veracel, Bahia Sul, e Bahia Pulp estarem localizadas nesse estado.

Tabela 1 – Principais empresas produtoras de celulose no Brasil em 2005

Empresa	Produção	% do total
Aracruz Celulose S.A.	2.785.463	26,91
Votorantin Celulose e Papel S.A.	1.343.076	12,97
Klabin S.A.	1.180.228	11,40
Suzano Papel e Celulose	1.164.427	11,25
Celulose Nipo-Brasileira S.A. Cenibra	967.060	9,34
Ripasa S.A. Celulose e Papel	505.771	4,89
International Paper do Brasil Ltda	450.804	4,35
Jari Celulose S.A.	364.227	3,52
Veracel Celulose (Stora Enso)	216.752	2,09
Rigesa Celulose, Papel e Embs Ltda	215.907	2,09
Norske Skog Pisa Ltda	170.141	1,64
Lwarcel Celulose e Papel Ltda	153.836	1,49
Melhoramentos Papéis Ltda	115.020	1,11
Iguaçu Celulose, Papel S.A.	96.841	0,94
Orsa Celulose, Papel e Embs	93.317	0,90
Celulose Irani S.A.	79.075	0,76
Nobrecel S.A.- Celulose e Papel	66.475	0,64
Trombini Industrial S.A.	43.299	0,42
Cocelpa - Cia de Cel e papel do Paraná	42.286	0,41

Fonte: Bracelpa (2005)

Figura 2 – Participação dos estados na produção brasileira de celulose em 2005 (valores em %)

Fonte: Bracelpa (2006)

A Tabela 2 mostra o número de empresas, a produção e a concentração na indústria brasileira de celulose⁹. Constata-se que o número de empresas produtoras de celulose passou de 10 em 1982 para 19 em 2005, a produção e a concentração medida pelo CR4 e HHI ampliou, apesar das oscilações.

De 1982 a 1985, a concentração aumenta (ver Figura 3). De 1986 a 1989, essa concentração diminui. De 1990 a 1995, essa concentração aumenta novamente (CR4 e HHI aumentam). De 1996 a 1998, a concentração diminui e de 1999 a 2004, a concentração volta a aumentar. Destaca-se que a redução dos índices de concentração CR4 e HHI no segundo período (1996 a 1998) está associada à entrada de novos players neste segmento: Orsa Celulose e Papel S.A., Lwarcel Celulose e Papel, Primo Tedesco, Celulose Irani, Pisa Papel de Imprensa S.A., Indústria de Papel Arapoti S.A. - Inpacel, Nobrecel S.A. – Celulose Papel, Jarcel Celulose S.A. e Itapagé S.A. Cel, Papéis e Artefatos. Apesar dessas oscilações ao longo do período considerado, verifica-se a tendência de aumento da concentração devido aos comportamentos oligopolísticos por parte das maiores empresas de celulose. Tal fato reflete as expansões das unidades fabris, como forma de competir no mercado internacional; o processo de reestruturação patrimonial nos últimos anos, o qual se deu principalmente via aquisições; a existência de significativas economias de escala e o desenvolvimento tecnológico, o que dificulta a entrada de novas empresas no setor.

Vale destacar que o índice HHI permite mostrar baixa desigualdade entre as firmas ao longo do período analisado. Esse índice varia entre zero e 1. Quando HHI é igual a 1, a indústria é constituída por uma única empresa. Quando HHI se aproxima de zero, a indústria aproxima-se da concorrência, indicando que a produção está dividida de maneira relativamente igualitária por um grande número de empresas.

⁹ Para o cálculo dos índices de concentração, considerou-se como mercado relevante o destino da produção das 19 maiores empresas de celulose e papel. Não foi possível distinguir, para cada uma das empresas, a parcela de produção destinada à celulose de integração, celulose de mercado e celulose para exportação. Logo, o cálculo desses índices apresenta viés nos resultados, já que não se especificou o mercado relevante em termos geográficos e de produto. Assim, esses mercados foram considerados conjuntamente no cálculo do CR4 e do HHI. Essas limitações, dessa forma, podem resultar em um CR4 subestimado ou superestimado, já que o cálculo do CR4, considerando somente as empresas exportadoras de celulose, pode ser maior ou menor se comparados ao CR4 calculado considerando todas as empresas sem distinção do mercado relevante como mostrado na tabela 2. Contudo, o objetivo do trabalho não é medir poder de mercado. Como foi mostrado, o presente trabalho pretende verificar como as mudanças na estrutura, conduta e desempenho da indústria brasileira de celulose garantiram ao país aumentar sua competitividade no mercado internacional.

Tabela 2 - Número de empresas, produção (em toneladas) e concentração na indústria de celulose no Brasil – período de 1982 a 2005

Ano	Número de empresas	Produção	Produção Média	CR4 (%)	HHI
1982	10	2.894.770	289.477	45,76	0,0769
1983	10	3.057.773	305.777	52,39	0,0932
1984	10	3.364.385	336.439	53,18	0,0972
1985	10	3.403.464	340.346	54,65	0,1021
1986	10	3.555.406	355.541	53,82	0,1010
1987	10	3.664.461	366.446	52,10	0,0955
1988	10	3.792.868	379.287	52,98	0,0973
1989	10	3.922.352	392.235	50,62	0,0911
1990	10	3.914.688	391.469	52,25	0,0911
1991	11	4.346.520	395.138	55,30	0,1003
1992	11	4.870.567	442.779	56,89	0,1079
1993	11	5.048.980	458.998	58,18	0,1096
1994	11	5.420.530	492.775	59,97	0,1129
1995	11	5.488.328	498.939	60,35	0,1118
1996	15	5.854.787	390.319	60,41	0,1115
1997	17	6.451.923	379.525	58,27	0,1039
1998	18	6.686.906	371.495	55,93	0,1009
1999	18	7.209.132	400.507	56,71	0,1042
2000	18	7.564.349	420.242	60,77	0,1156
2001	18	7.516.064	417.559	60,13	0,1142
2002	17	8.127.515	478.089	62,52	0,1222
2003	17	9.069.247	566.828	62,92	0,1267
2004	16	9.620.143	601.259	63,23	0,1304
2005	19	10.120.072	532.635	62,53	0,1309

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Considera-se como empresa a mesma pessoa jurídica que opera mais de uma unidade fabril. As recentes fusões e aquisições realizadas até 2005 foram incluídas no cálculo do número de empresas.

Figura 3 - Evolução dos índices de concentração CR4 e HHI na indústria de celulose no Brasil.

Fonte: Dados da tabela 2.

Dentre as operações mais importantes que refletem o processo de reestruturação pela qual vem passando a indústria brasileira de celulose e que afetam sua concentração podemos citar:

1. Em 1987 a Suzano Papel e Celulose teve suas atividades impulsionadas por meio de uma joint venture entre a Companhia Suzano e a Cia Vale do Rio Doce - CVRD para a criação de uma empresa produtora de celulose e papel localizada no extremo sul do Estado da Bahia, a Bahia Sul Celulose. O início das operações de produção de celulose desta unidade ocorreu em 1992 e das operações de produção de papel em 1993.
2. Em 1998, a International Paper adquiriu em leilão do Banco Central a antiga fábrica Inpacel, do extinto banco Bamerindus do Brasil, situada em Arapoti, Paraná. A nova empresa, Vison Indústria de Papel Arapoti Ltda, continuou a produzir papel couchê.
3. Em 2000, a Aracruz comprou 50% da fábrica Veracel, joint-venture com a finlandesa Stora Enso, localizada no sul da Bahia. A estrutura acionária da

Aracruz é controlada por quatro acionistas principais: Grupo Lorentzen, Grupo Safra, Grupo Votorantim, com 28% do capital votante, e pelo BNDES.

4. Em maio de 2001, a Suzano fez a aquisição total da Bahia Sul, alterando, em 2004, sua denominação social para Suzano Bahia Sul Papel e Celulose S.A.
5. A aquisição da Riocell pela Aracruz, líder mundial na fabricação da celulose de fibra curta branqueada, pelo montante de US\$ 567 milhões em 2003, fábrica localizada em Guaíba, no Rio Grande do Sul.
6. A aquisição da Ripasa pela VCP¹⁰, em conjunto com a Suzano Papel e Celulose, por US\$ 709 milhões em 2005. As unidades fabris incorporadas pelos dois players estão todas localizadas no estado de São Paulo. Essa operação resultou em uma capacidade de produção adicional de 525 mil t/ano de papel e 455 mil t/ano de celulose, a qual tem seu controle igualmente dividido entre a VCP e o Grupo Suzano.
7. Em outubro de 2006, a Vinson Indústria de Papel Arapoti (produtora de papel couchê), antiga Inpacel, e a as florestas e serrarias da Vison Empreendimentos Agrícola Ltda ambas pertencentes à International Paper foram adquiridas pela Stora Enzo.

Em relação à diversificação da produção, um dos elementos-chaves da estrutura de mercado, a indústria brasileira de celulose apresenta uma produção pouco diversificada, sendo que praticamente toda produção de celulose de mercado é de fibra curta branqueada de eucalipto para destino em grande parte para o comércio externo.

Quanto às estruturas de governança, as empresas são verticalizadas desde a base florestal. Isso é decorrência da política pública implantada em 1965 através do artigo 21 do segundo código florestal, o qual estabelecia que as empresas que operassem à base de matéria-prima florestal seriam obrigadas a manter florestas próprias para exploração racional ou formar florestas destinadas ao seu suprimento.

Quanto à diferenciação do produto, apesar da celulose ser considerada uma *commodity*, as empresas procuram diferenciar seu produto pela qualidade e prestação de serviços de assistência técnica, além de buscarem adequar seu produto às demandas de seus clientes, a fim

¹⁰ Disponível em: <<http://www.vcp.com.br>>.

de fortalecer o relacionamento de longo prazo com esses consumidores e, conseqüentemente, aumentar a participação no mercado internacional.

As grandes escalas de produção das novas plantas, as quais exigem vultosos investimentos, e a disponibilidade de matéria-prima florestal constituem as principais barreiras à entrada de novas empresas no setor.

4.3 Desempenho da indústria brasileira de celulose

Devido em parte às vantagens oriundas da redução de custos de produção e dos incentivos fiscais e creditícios concedidos às exportações, o Brasil incrementou significativamente sua produção e exportações de celulose, assumindo posição entre os dez maiores produtores e os cinco primeiros exportadores de celulose.

4.3.1 Evolução da produção brasileira de celulose

A Figura 4 mostra a evolução da produção brasileira de pastas (ou polpas), as quais se dividem em celulose e pasta de alto rendimento. Conforme essa figura, a produção brasileira de celulose apresentou três fases de crescimento. De 1971 a 1980, houve um incremento na produção de 14,23% a.a.; entre 1980 a 1990, essa produção cresceu 3,77% a.a.; e no período de 1990 a 2005 ocorreu aumento de 5,38% a.a. na produção. As produções de pastas de alto rendimento - PAR apresentaram nas três fases mencionadas aumentos de 5,27% a.a., 9,04% a.a. e 0,69% a.a., respectivamente.

Esse grande crescimento brasileiro na produção de pastas levou à melhoria do Brasil no ranking mundial dos grandes produtores de pastas.

Figura 4 – Evolução da produção brasileira de pastas

Fonte: Baseado em Bracelpa (2006)

A Tabela 3 evidencia a posição dos países entre os maiores produtores de polpa do mundo. Nota-se que o Brasil, como país produtor de pasta, passou da 18^a posição em 1961 para a 12^a posição em 1970 e para a 8^a em 1980. Já no período de 1993 a 2005, o Brasil saltou para a 7^a posição entre os maiores produtores mundiais de celulose. Vale destacar, além disso, a posição consolidada dos Estados Unidos e do Canadá na produção mundial de polpa. Esses dois países ocuparam a 1^a e a 2^a posição, respectivamente, ao longo de todo período compreendido de 1961 a 2005.

Tabela 3 – Posição dos países entre os maiores produtores de pasta celulósica do mundo – período de 1961 a 2005

	Estados Unidos	Canadá	China	Suécia	Finlândia	Japão	Brasil	Chile	Portugal	Espanha	Indonésia
1961	1	2	7	3	4	5	18	28	30	26	48
1962	1	2	7	3	4	6	19	29	31	26	49
1963	1	2	7	3	4	5	17	29	30	25	48
1964	1	2	7	3	4	5	16	28	29	22	50
1965	1	2	7	3	4	5	16	28	29	24	51
1966	1	2	7	3	4	5	12	26	29	18	51
1967	1	2	7	3	5	4	12	26	29	18	52
1968	1	2	7	3	5	4	12	26	28	16	53
1969	1	2	7	3	5	4	13	28	26	15	50
1970	1	2	7	4	6	3	12	27	25	15	52
1971	1	2	7	4	6	3	12	28	21	14	52
1972	1	2	7	4	5	3	12	28	21	13	51
1973	1	2	7	4	6	3	12	28	20	13	48
1974	1	2	7	4	6	3	11	25	21	13	45
1975	1	2	7	5	6	3	11	25	21	13	44
1976	1	2	7	5	6	3	11	23	24	12	43
1977	1	2	7	5	6	3	10	22	25	12	49
1978	1	2	7	5	6	3	9	20	23	12	45
1979	1	2	7	4	6	3	9	21	18	12	44
1980	1	2	7	4	6	3	8	18	22	12	44
1981	1	2	7	4	6	5	8	19	21	12	38
1982	1	2	7	5	6	4	8	22	16	12	36
1983	1	2	7	5	6	4	8	21	17	12	36
1984	1	2	7	4	6	5	8	18	17	12	35
1985	1	2	6	4	7	5	8	19	13	12	34
1986	1	2	4	5	7	6	8	19	14	12	33
1987	1	2	3	5	7	6	8	19	14	12	35
1988	1	2	3	4	7	6	8	20	14	12	35
1989	1	2	3	6	7	5	8	20	15	12	28
1990	1	2	3	6	7	4	8	20	15	13	21
1991	1	2	3	5	7	4	8	19	14	13	21
1992	1	2	3	5	6	4	8	13	15	14	19
1993	1	2	3	5	6	4	7	13	14	16	17
1994	1	2	3	5	6	4	7	11	15	17	14
1995	1	2	3	5	6	4	7	11	15	16	12
1996	1	2	3	5	6	4	7	12	15	17	9
1997	1	2	3	5	6	4	7	13	16	17	9
1998	1	2	3	6	4	5	7	13	17	18	15
1999	1	2	3	6	4	5	7	11	15	18	17
2000	1	2	3	5	4	6	7	11	16	18	9
2001	1	2	3	4	5	6	7	10	17	18	9
2002	1	2	3	4	5	6	7	11	15	16	9
2003	1	2	3	4	4	6	7	11	15	16	9
2004	1	2	3	5	4	6	7	11	15	16	9
2005	1	2	3	4	5	6	7	11	17	16	9

Fonte: FAO (2006)

4.3.2 Evolução das exportações brasileiras de celulose

A Figura 5 traz a evolução das exportações brasileiras de celulose (em quantidade) no período de 1980 a 2005. Nesse período, as exportações brasileiras de celulose apresentaram comportamento ascendente, em especial a partir de 1991. Essa tendência é caracterizada por três fases de crescimento. De 1980 a 1990, as exportações aumentaram 1,12% a.a.; de 1990 a 2000, houve acréscimo de 9,12% a.a.; e no período de 2000 a 2005, o aumento foi de 12,34% a.a..

Figura 5 – Evolução da exportação brasileira de pastas

Fonte: Bracelpa (2006)

Os principais países compradores da celulose exportada pelo Brasil são mostrados na Tabela 4. Estados Unidos, Japão e Bélgica lideram o ranking de maiores compradores do produto. De 1989 a 2005, 62,03% das exportações brasileiras de celulose, em média, foram destinadas a esses países.

Tabela 4 – Participação dos principais países importadores no total exportado* de celulose pelo Brasil – período de 1989 a 2005

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Estados Unidos	27,95	31,90	31,84	28,35	23,88	27,19	29,82	25,98	24,17	24,30	26,04	27,84	25,96	26,55	24,44	21,21	21,55
Alemanha	3,46	3,64	2,74	1,92	1,84	0,70	0,02	0,01	3,20	4,46	5,36	5,43	4,20	5,86	0,92	0,13	1,26
França	2,61	0,68	2,00	4,71	4,80	3,29	4,60	3,14	3,46	2,85	4,71	4,74	4,44	4,79	3,19	2,85	2,29
Reino Unido	4,43	4,92	5,48	6,20	5,13	5,74	6,35	7,41	8,44	7,54	7,25	6,78	6,86	5,92	3,48	2,31	2,45
Japão	21,17	19,95	17,99	14,35	14,66	16,54	16,55	16,18	18,74	15,03	13,72	12,49	9,61	9,06	7,12	6,14	6,08
Coréia	1,73	3,17	5,20	6,39	6,18	5,50	4,85	9,11	5,33	4,86	5,17	3,22	3,55	2,24	2,75	3,07	2,75
Bélgica	26,33	26,55	24,85	26,00	21,98	22,20	23,11	20,51	14,66	15,71	14,22	17,89	13,40	14,26	8,11	10,17	8,13
Argentina	1,08	0,57	1,49	1,00	1,18	0,96	0,98	1,21	1,46	1,06	0,60	0,15	0,10	0,24	0,11	0,32	0,32
Itália	4,70	4,12	3,85	3,47	3,20	5,45	4,91	6,09	5,37	6,55	6,41	7,41	6,69	8,41	7,91	9,08	9,1
China	0,40	0,24	0,94	1,49	0,99	0,60	0,31	2,30	3,78	2,77	4,27	3,26	12,54	9,79	16,19	16,23	12,58

Fonte: Brasil (2006)

Nota : * Considera-se a quantidade total exportada pelo Brasil.

Por outro lado, é importante notar que o Brasil vem diversificando os países estrangeiros compradores de sua celulose nos últimos anos. Em 1989, os dez principais países compradores de celulose pelo Brasil adquiriram 94% das exportações brasileiras deste produto. Já em 2005, eles absorveram 66,51%. Sendo assim, verifica-se que a celulose brasileira vem alcançando um maior número de países–clientes.

Contudo, de acordo com a Tabela 5, nota-se que o Brasil continuou ganhando *market–share* nos seus tradicionais países–clientes. Observa-se que as participações do Brasil nas importações de celulose dos Estados Unidos e do Japão foram, em 2005, 19,5% e 13,94%, sendo que em 1989 tais participações eram de 6,4% e 6,8%, respectivamente.

Tabela 5 - Participação do Brasil nas importações* de celulose de alguns países – período de 1989 a 2005

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Estados Unidos	6,40	7,80	10,03	10,71	11,90	11,12	11,08	11,43	10,60	12,59	13,42	12,81	13,05	13,92	18,34	17,36	19,50
Alemanha	0,98	1,08	1,06	0,85	1,29	0,39	0,01	0,01	2,09	3,35	4,64	4,24	3,92	4,79	0,99	0,15	1,54
França	1,44	0,37	1,43	3,81	5,78	3,26	4,65	3,46	4,01	3,73	6,59	5,94	6,71	7,42	6,74	6,5	5,93
Reino Unido	2,26	2,70	4,2	5,43	7,13	6,79	6,91	9,76	11,96	12,87	13,54	11,22	13,97	12,63	10,56	7,16	8,64
Japão	6,80	7,76	9,31	8,34	11,56	9,69	9,68	11,16	14,36	13,85	14,65	12,71	10,83	12,91	13,97	13,15	13,94
Coréia	1,91	3,09	5,66	7,03	10,09	6,14	5,04	9,01	6,75	7,81	7,32	4,49	5,48	3,07	5,14	6,26	5,93
Bélgica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,09	41,28	46,44	47,30	39,31	53,76	47,06
Argentina	15,28	8,30	28,84	24,03	32,40	21,39	21,11	19,93	22,06	21,19	14,04	4,59	3,55	11,24	6,78	21,82	11,94
Itália	2,16	2,03	2,26	2,31	3,02	4,11	3,54	4,76	4,33	5,65	5,95	7,02	6,73	8,93	11,13	14,02	13,42
China	0,43	0,33	1,06	2,21	2,06	0,82	0,39	2,35	4,07	2,64	3,55	2,57	10,97	5,83	11,41	12,49	10,07

Fonte: Brasil (2006)

Nota: * Considerou-se a quantidade importada de celulose por cada país.

4.3.3 Produção versus exportação de celulose: vantagens competitivas do Brasil na produção de celulose

Considerando os dados da Bracelpa, em 1989, o Brasil exportou 1.022.877 toneladas de celulose, passando, em 2005, para 4.988.790 toneladas desse produto. Houve, portanto, crescimento de 387,72% das exportações nesses 15 anos. Ao mesmo tempo, o Brasil produziu, em 1989, 4.423.000 toneladas de celulose passando, em 2005, para 10.352.113 toneladas. Houve, dessa forma, o crescimento de 134,05%, nesse período, na produção de celulose. Isto mostra um direcionamento para as exportações da indústria brasileira de celulose. Em 1989, as exportações representaram 23,1% da produção brasileira de celulose e em 2005 essa percentagem foi de 48,19%.

Esse crescimento das exportações foi possível porque se estabeleceram empresas no Brasil que, desde a sua concepção, dedicam-se a produzir celulose de mercado para atender o mercado externo. Este é o caso da Cenibra, da Aracruz e da Veracel. Outras empresas também geram excedentes para exportação, como a Suzano e a VCP. Além disso, as crescentes vendas externas também foram determinadas pelo aumento da competitividade brasileira na produção de celulose. Essa é totalmente elaborada a partir de madeira oriunda de florestas plantadas (o que atende às pressões ambientais) e está sendo produzida a custos decrescentes, fruto das pesquisas e inovações tecnológicas no setor de celulose e papel (a serem analisados no próximo capítulo).

O Brasil apresenta posição de destaque na produção brasileira da celulose de fibra curta de eucalipto. Em relação a esse tipo de celulose, de acordo com a figura 6, o Brasil possui, apesar das oscilações, tendência descendente no custo total de produção de cada tonelada de celulose branqueada de fibra curta (BHKP). O custo brasileiro de produção por tonelada de celulose passou de US\$ 490,00 em 1980 para US\$ 448,00 por tonelada em 2005. Com isso, o Brasil saltou da posição de país com maior custo de produção da BHKP no início do período para a de país com menor custo na produção desse tipo de celulose em 2004. Tal redução no custo da produção da celulose brasileira associa-se aos custos da madeira, da energia, dos produtos químicos e do trabalho, conforme mostra a Figura 7. Contudo, o Brasil apresenta baixo desempenho em relação aos custos com transporte, juros e à depreciação.

Figura 6 – Evolução do custo total de produção de cada tonelada de celulose branqueada de fibra curta para países selecionados

Fonte: Resource Information Systems - RISI (2006) (informação pessoal)

4.3.4 Comportamento dos preços recebidos pela celulose brasileira e evolução do lucro de algumas empresas

Apesar de o Brasil ser o 4º maior exportador mundial de celulose, ele é um tomador de preço no mercado internacional devido à pequena dimensão da produção e exportação brasileira em relação ao volume comercializado mundialmente. Destaca-se que em 2001, dentre o ranking das 13 maiores empresas mundiais produtoras de celulose, apenas duas são brasileiras: Aracruz e VCP (ver Tabela 6).

Figura 7 – Importância do custo da energia, juros, produtos químicos, trabalho e madeira para produção da celulose branqueada de fibra curta para países selecionados em 2005

Fonte: RISI (2006)

Tabela 6 – Maiores produtores mundiais de celulose de mercado – situação em 2001

	Empresa	País	Produção
1	International Paper	EUA	2255
2	Weyerhaeuser	EUA	2235
3	Aracruz	Brasil	2000
4	Sodra	Suécia	1840
5	April	Indonésia	1750
6	Stora Enso	Suécia/Finlândia	1470
7	Tembec	Canadá	1415
8	Metsa-Botnia	Finlândia	1305
9	Arauco	Chile	1250
10	Geórgia Pacific	Estados Unidos	1230
11	Canfor	Canadá	1175
12	Parson & Whittemore	EUA/Canadá	1110
13	Votorantin Celulose e Papel	Brasil	943

Fonte: VCP (2006)

A soma das produções de celulose de mercado da América do Norte e da Escandinávia totaliza 56,5% da produção mundial em 2004. Sendo assim, o processo de formação de preços internacionais ocorre a partir das decisões das empresas desses países através dos estoques de celulose da América do Norte e da Escandinávia - antigamente conhecidos como estoques Norscan. Além disso, o preço da celulose de fibra curta costuma acompanhar, embora não de forma perfeita, o preço da celulose de fibra longa.

Devido às escalas de produção das fábricas brasileiras ainda serem pequenas quando comparadas às dos demais países, o desempenho financeiro das empresas brasileiras é fortemente influenciado pelo nível de preços internacional e também pela taxa de câmbio.

As Figuras 8, 9 e 10 surgem da atualização do trabalho de Hilgemberg (2000) e mostram a relação entre a cotação da tonelada de celulose e o lucro de três empresas do setor. Como foi salientado, o desempenho das empresas depende diretamente das condições de mercado internacional de celulose. Quando os preços caem em reais (devido às variações no câmbio ou no preço internacional), os lucros tendem a cair e vice-versa. Contudo, tal relação não é necessariamente proporcional, já que é possível a certas empresas conviverem com preços em queda e manterem estabilidade de lucros, ou estes caírem menos que os preços, realizando, por exemplo, reorganizações internas que impliquem reduções de custos. Isto explica a diferença de valor do coeficiente de correlação entre as variáveis preço e lucro para as três empresas analisadas: que é de 0,6 para a Aracruz, 0,81 para a Cenibra e 0,75 para a Suzano Bahia Sul no período de 1994 a 2005.

Figura 8 – Evolução dos lucros da Aracruz (em milhões de R\$) e dos preços de exportação (em R\$/ton) da celulose no período de 1994 a 2005

Fonte: Conjuntura Econômica (2006) e Brasil (2006)

Nota: o coeficiente de correlação entre as variáveis preço e lucro foi 0,6.

Figura 9 – Evolução dos lucros da Cenibra (em milhões de R\$) e dos preços de exportação (em R\$/ton) da celulose 1994 a 2005

Fonte: Conjuntura Econômica (2006) e Brasil (2006)

Nota: o coeficiente de correlação entre as variáveis preço e lucro foi 0,81.

Figura 10 –Evolução dos lucros da Suzano Bahia Sul (em milhões de R\$) e dos preços de exportação (em R\$/ton) da celulose no período de 1994 a 2005

Fonte: Conjuntura Econômica (2006) e Brasil (2006)

Nota: o coeficiente de correlação entre as variáveis preço e lucro foi 0,75.

5 PESQUISAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS OCORRIDAS NA SILVICULTURA E NA INDÚSTRIA DE CELULOSE NO BRASIL

Este capítulo analisa a evolução das pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e na indústria de celulose no Brasil, dando ênfase aos seus impactos sobre a competitividade dessa indústria. Para tanto, esse capítulo enfoca a conduta da indústria brasileira de celulose em termos das pesquisas e inovações tecnológicas. Por meio dessa análise, pretende-se mostrar os principais tipos e importância das inovações tecnológicas que contribuíram para a maior competitividade e conseqüente expansão da indústria de celulose brasileira e sua maior inserção no comércio mundial desse produto.

5.1 As pesquisas e inovações tecnológicas na silvicultura

Esse item divide-se em três partes. Inicialmente (subitem 5.1.1) são analisados os tipos de pesquisas e inovações que surgiram na silvicultura segundo a literatura existente. Em seguida (subitem 5.1.2) são apresentados os resultados da pesquisa de campo sobre a importância dessas inovações. Finalmente, o subitem 5.1.3 evidencia os impactos das inovações sobre a produtividade da silvicultura, em especial a vinculada com a indústria de celulose.

Entende-se como pesquisa a geração de um novo conhecimento, o qual, ao ser adotado pelas empresas, gera uma inovação tecnológica. Esta última, por sua vez, deve elevar a produtividade e/ou rentabilidade da empresa.

5.1.1 Evolução das pesquisas e inovações tecnológicas na silvicultura

Este item baseia-se em Antonangelo e Bacha (1998b) e em Brasil (2002) que analisaram os trabalhos publicados em revistas científicas e que sumarizam as pesquisas e inovações feitas na silvicultura. A relevância das inovações é tratada no subitem a seguir.

Segundo Antonangelo e Bacha (1998b), a evolução da silvicultura brasileira apresenta três etapas. A primeira correspondeu ao período que vai do descobrimento do Brasil até o início dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, em 1965. A segunda fase abrange o período de vigência dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (de 1966 a 1988). A

terceira fase cobre o período pós-incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (de 1989 até hoje). Essa mesma divisão pode ser utilizada para tratar dos tipos de pesquisas silviculturais realizadas.

Na primeira fase, os estudos na silvicultura brasileira concentraram-se na área de manejo, sendo que esse tipo de pesquisa predominou até o final da década de 1960. Até 1961, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2002), não havia nenhuma escola especializada no ensino florestal no país. As disciplinas relacionadas com a silvicultura e a tecnologia da madeira eram ministradas nas escolas de agronomia e engenharia. A formação de mão-de-obra especializada no país foi determinada pela necessidade de dar suporte técnico ao desenvolvimento do setor florestal produtivo.

Com o surgimento da política de incentivos fiscais para o reflorestamento¹¹, vigente de 1966 a 1988, o setor florestal brasileiro pôde ampliar o seu nível tecnológico constituindo-se na segunda fase da evolução da silvicultura. Criaram-se nesse período, conforme Foelkel (2003), inúmeros cursos técnicos e universitários em Engenharia Florestal, surgiram institutos de pesquisa com programas cooperativos de pesquisa e desenvolvimento e formaram-se técnicos competentes e pró-ativos. Destaca-se que entre fins dos anos 60 e início dos anos 70, surgiram os cursos de pós-graduação em florestas e em celulose e papel, na Universidade de São Paulo e na Universidade Federal de Viçosa. Vale ressaltar que a Embrapa criou seu órgão de pesquisa florestal em Colombo - PR, o antigo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, atual Embrapa Florestal, com forte ênfase em programas agroflorestais e em manejo de florestas nativas.

Evidenciam-se, ainda nesse período, as inovações tecnológicas na área de melhoramento genético. Conforme Antonangelo e Bacha (1998a), no final da década de 1970, esses avanços podem ser classificados como inovações tecnológicas biológicas, tanto de produto (pois novas espécies foram introduzidas), quanto de processo (novos métodos para escolha de espécies, como, por exemplo, testes de procedência), grandes (pois provocaram grandes aumentos de produtividade) e nacionais.

Na década de 1980, alavancou, nessa área de melhoramento genético, o uso de métodos de clonagem e os testes de progênes (seleção de melhores indivíduos gerados a partir de um cruzamento específico). Ainda, nessa década, vale considerar os saltos tecnológicos na área

¹¹ Os incentivos fiscais ao reflorestamento foram, pela primeira vez, previstos em legislação de 1965, mas foram iniciados em 1966 e concedidos até 1986. Nos dois anos seguintes, houve liberações para projetos já aprovados.

de produção de mudas por semeadura direta em embalagens e na área de adubação por meio de métodos relacionados à calagem e à gessagem. Além disso, novos elementos químicos foram utilizados, os quais trouxeram grandes aumentos de produtividade (ANTONANGELO; BACHA, 1998a).

Nesta década de 1980, segundo o MCT (BRASIL, 2002), também surgiram algumas contribuições na área de qualidade da madeira, sendo desenvolvidos trabalhos visando a definição de parâmetros para essa qualidade, sendo os resultados desses trabalhos úteis para a área de melhoramento genético florestal e para o processamento industrial da madeira, ferramentas chaves para ganhos de produtividade.

De acordo com os dados da Tabela 7, a qual traz os trabalhos produzidos nas áreas de ambiência, manejo florestal, silvicultura e tecnologia de produtos florestais, durante a década de 1980, a produção científica totalizou 367 trabalhos, sendo que as regiões Sul e Sudeste concentraram 75% desse total. Do total de trabalhos, 66,5% concentraram-se nos temas de manejo florestal e silvicultura. Também pode ser observado, conforme o MCT (BRASIL, 2002), que durante a década de 1980 foi pequena a frequência de trabalhos florestais publicados na área de ambiência (em torno de 12% do total). Os aspectos ambientais, e a sua relação com as atividades florestais, somente começaram a ter maior divulgação nas décadas seguintes.

Tabela 7 – Artigos sobre silvicultura nas publicações nacionais (1980 - 2002)

Região	Tema	Produção científica		
		1980-89	1990-99	2000-2002
Abrangência Nacional	Ambiência	1	6	3
	Manejo Florestal	5	23	18
	Silvicultura	19	19	14
	Tecnologia de	9	3	4
	Produtos Florestais			
Centro Oeste	Ambiência	2	4	0
	Manejo Florestal	4	12	5
	Silvicultura	4	7	2
	Tecnologia de	0	3	3
	Produtos Florestais			
Norte	Ambiência	11	13	6
	Manejo Florestal	12	7	4
	Silvicultura	16	18	4
	Tecnologia de	8	5	0
	Produtos Florestais			
Nordeste	Ambiência	0	4	0
	Manejo Florestal	0	11	1
	Silvicultura	0	4	1
	Tecnologia de	1	5	3
	Produtos Florestais			
Sul	Ambiência	13	11	1
	Manejo Florestal	35	43	3
	Silvicultura	22	32	6
	Tecnologia de	14	15	7
	Produtos Florestais			
Sudeste	Ambiência	17	15	4
	Manejo Florestal	54	92	8
	Silvicultura	73	88	12
	Tecnologia de	47	23	8
	Produtos Florestais			
Total		367	463	117

Fonte: Adaptado de Brasil (2002)

Nota: Os artigos publicados por instituições de pesquisa não identificadas com uma única região foram caracterizados como de "Abrangência Nacional".

Com o fim dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, em especial a partir de 1989, uma nova tendência na evolução tecnológica da silvicultura brasileira surgiu. Antonangelo e Bacha (1998a) relatam que, a partir do final da década de 1980, houve uma melhor distribuição dos trabalhos entre todas as áreas de pesquisa (manejo, melhoramento genético, produção de mudas, controle de pragas e doenças, adubação, mecanização e gerencial). Além dessa melhor distribuição dos trabalhos, teve início também uma maior preocupação com pesquisas que proporcionem eficiência, isto é, a diminuição de custos, aumento da produtividade, maior qualidade e maior competitividade. Ergueu-se também a bandeira de alerta em relação às questões ecológicas. Assim, os estudos voltaram-se um pouco mais para as espécies nativas, que, contrariamente, ao grande desenvolvimento da pesquisa sobre pinus e eucalipto verificado na silvicultura brasileira nestes últimos trinta anos, foram pouco enfocados até então.

De acordo com a Tabela 7, a produção científica aumentou de 367 trabalhos na década de 1980 para 463 trabalhos na década seguinte (aumento de 26%). Além disso, a concentração de trabalhos nas áreas de silvicultura e manejo florestal aumentou de 66,5%, na década de 1980, para 77% nos anos 1990. Além disso, houve melhoria na distribuição regional da produção científica, com a região Sul e Sudeste passando a contribuir com uma participação menor do total de trabalhos publicados (69% na década de 1990, contra 75% na década de 1980).

De 2000 a 2002, conforme a Tabela 7, há um equilíbrio regional maior na produção de ciência, tecnologia e inovação na silvicultura, tornando a participação das regiões Sul e Sudeste inferior à metade (42%) e concentrando as demais regiões um percentual de 58% da produção total.

Nos últimos anos, diversas conquistas foram sendo obtidas na área florestal. Alguns exemplos são as novas técnicas computacionais, matemáticas e estatísticas desenvolvidas para melhorar a gestão florestal, a partir do manejo sustentável. Conforme Savastano (2001) destaca-se, nesta fase mais atual, o Projeto genoma do Eucalipto, cujo objetivo consiste em mapear os principais genes do eucalipto a fim de aumentar a produtividade. Tal projeto é liderado pela Embrapa, em parceria com o Ministério da Ciência e Tecnologia, universidades e diversas empresas.

Lançado em fevereiro de 2002, o Projeto Genolyptus, com o intuito de aumentar a produtividade da indústria brasileira de celulose e papel, também é um típico exemplo dessa iniciativa coordenada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, buscando a união das

universidades e empresas na produção de conhecimento científico que resulte em inovações tecnológicas com ganhos concretos para a sociedade brasileira. Através da pesquisa do genoma da árvore, doze empresas do setor, junto com sete universidades e a Embrapa, procuram decifrar os mecanismos capazes de levar o país a plantar eucaliptos mais produtivos, mais resistentes a doenças, mais adaptáveis aos diferentes solos e climas do país ou mais adequados à especificidade de cada tipo de indústria e, também, contribuir para indústrias menos poluentes. Tal projeto recebeu recursos do governo federal através do Fundo Verde-Amarelo (um dos quatorze Fundos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em funcionamento) constituído a partir do recolhimento de contribuição do setor privado e que visa estimular a total integração universidade-empresa.

Com relação a essa parceria, pode-se citar, também, o projeto genoma eucalipto Forests cujo objetivo consistiu em identificar 15.000 genes preparados de diferentes tecidos, incluindo plântulas, folhas, raízes, caule e madeira, a fim de aumentar tanto a eficiência da produção madeireira como a qualidade dos produtos. O seqüenciamento desses genes foi conduzido por 22 laboratórios da Organização para o Seqüenciamento e Análise de Nucleotídeos - rede ONSA-AEG, pertencente a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP. O projeto contou com a participação de três laboratórios da ESALQ/USP e da Universidade Estadual Paulista - UNESP. Tal pesquisa foi financiada pela FAPESP e por quatro empresas do setor de papel e celulose: Votorantim, Ripasa, Suzano e Duratex.

Ainda nos últimos anos, pode-se evidenciar que o Brasil possui o maior banco de germoplasma do gênero *Eucalyptus* e de algumas espécies de *Pinus*. Segundo Leite (2005), esse contexto científico e tecnológico possibilitou expressivos e significativos aumentos na produtividade das florestas plantadas. É importante destacar também, conforme o estudo realizado por Leite (2005), que atualmente os procedimentos operacionais da silvicultura estão voltados para os seguintes temas: planejamento sócio-ambiental criterioso; sementes e clones selecionados; controle nutricional; técnicas altamente eficazes de manejo, proteção e colheita.

Com respeito ao processo de mecanização das operações realizadas na silvicultura, o qual foi intensificado na década de 1990, é importante destacar que esse processo vem procurando melhorar as práticas da colheita florestal, além de procurar minimizar o impacto da utilização de máquinas no meio ambiente. De acordo com Seixas (2005), a preocupação com a compactação do solo levou ao desenvolvimento de máquinas cujos atrativos são a redução da

área impactada, maior adaptabilidade a condições adversas do terreno, superação de obstáculos, boa dirigibilidade e maior conforto para o operador.

Na busca por mercados internacionais, outro instrumento positivo para diferenciar a produção brasileira de celulose e papel e inseri-la nos padrões mundiais foi a criação do esquema de certificação florestal, tal como o Forest Stewardship Council - FSC. Este último surgiu em 1993 e está sediado no México, tendo 599 membros afiliados (pessoas físicas e jurídicas) em 71 países. Tal iniciativa foi formalizada no Brasil em 1994, sob a coordenação do WWF-Brasil. Esse programa de certificação tem como finalidade atestar que a madeira utilizada em determinado produto é oriunda de floresta manejada de forma ecologicamente adequada, socialmente justa e economicamente viável, atendendo todas as normas das leis vigentes. Além disso, tal medida possibilita ao comprador atacadista ou varejista escolher um produto diferenciado e com valor agregado, capaz de conquistar novos mercados. Para garantir que tal produto adquirido foi extraído conforme os padrões do FSC, a indústria manufatureira pode solicitar a certificação da cadeia de custódia, a qual dá a garantia de que o produto adquirido com o selo FSC foi oriundo de madeira proveniente de florestas certificadas.

Conforme a Figura 11, o Brasil apresentou, em 2005, o maior número de florestas certificadas pelo FSC da América Latina. Até janeiro de 2006, o número de florestas certificadas pela Brasil totalizou 3.532.154 florestas certificadas, o que correspondeu a 44,18% do total de florestas certificadas na América Latina pelo FSC. Além disso, o país, ultrapassou a Bolívia, a qual detém 2,04 milhões de florestas certificadas (25,55% do total). Essa colocação foi possível porque as empresas de celulose e papel aumentaram significativamente a área certificada nos últimos anos. De acordo com os dados do FSC, elas representaram 32,07% do total de florestas certificadas pelo FSC no Brasil em início de 2006, enquanto em 2001 essa importância era de 8,3% e inexistente em 2000. Vale destacar que o Brasil ocupa o sexto lugar no ranking mundial de área florestal certificada, ficando atrás do Canadá, Suécia, Rússia, EUA e Polônia.

Figura 11 – Maiores países detentores de áreas certificadas pelo FSC na América Latina até janeiro de 2006

Fonte: Elaborado pela autora.

Além do FSC, que opera no Brasil desde 1995, segundo Garlipp (2005b), o Brasil desenvolveu o sistema de Certificação Florestal - CERFLOR, gerido pelo Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial - INMETRO, o qual começou a operar em 2003. Faz-se necessário destacar que o Cerflor está em processo de reconhecimento internacional pelo Programa para o Reconhecimento de Certificação Florestal - PEFC, o maior sistema mundial de certificação de florestas.

5.1.2 Importância das inovações tecnológicas na silvicultura

Os trabalhos até agora analisados, em especial o de Antonangelo e Bacha (1998b) e Brasil (2002), referem-se aos tipos de pesquisas realizadas e sua intensidade. Não há, ainda, uma avaliação da relevância dessas pesquisas em termos das inovações que geraram. De modo a ter essa avaliação, foram elaborados os questionários que estão no ANEXO A. Esses questionários foram enviados via e-mail, no período de abril a novembro de 2006, a reconhecidos especialistas nas áreas de silvicultura e da indústria de celulose.

Foram respondidos 19 questionários na área de silvicultura. As etapas avaliadas nessa área foram melhoramento genético, produção de mudas, manejo florestal, proteção florestal, controle de qualidade, mecanização e sistemas computacionais.

Na década de 1980, o melhoramento genético tradicional e a produção de mudas via sexuada foram as etapas mais bem pontuadas entre as que tiveram inovações tecnológicas. Das 19 pessoas entrevistadas, 68,42% e 57,89% classificaram as inovações tecnológicas nessas duas etapas da silvicultura como muito relevantes, respectivamente. Já a produção de mudas via clonagem não foi uma inovação tecnológica que se destacou na década de 1980. Em relação aos recipientes e substratos para a produção de mudas, notou-se que 47,37% e 63,16%, respectivamente, dos entrevistados consideraram as inovações nessas atividades como sendo relevantes na década de 80.

As etapas mostradas na Figura 12 foram pontuadas, pela maior parte dos entrevistados, como tendo inovações tecnológicas relevantes na década de 80. De acordo com a figura, de forma geral, todos os itens de manejo florestal e proteção florestal tiveram inovações importantes na década de 80. Já na etapa mecanização, as inovações tecnológicas nos itens implantação e colheita foram relevantes para o período considerado. Contudo, a disponibilidade, produtividade ou capacidade das máquinas e seu impacto no meio ambiente não apresentaram inovações significativas nesse período.

Na década de 90, na área de melhoramento genético, a biotecnologia se destacou como inovação tecnológica relevante, passando nos anos 2000 a ser classificada como muito relevante (segundo 84,21% dos entrevistados). Isso mostra a necessidade de se buscar processos que intensifiquem o crescimento das plantas, aumente a qualidade da madeira e traga maior resistência a doenças e pragas. Em relação à área de manejo florestal, os resultados mostraram que o controle mato-competição, espaçamento, adubação e manutenção foram considerados como inovações tecnológicas relevantes na década de 90. Já nos primeiros seis anos dos anos 2000, as inovações tecnológicas referentes ao controle mato competição e adubação foram classificados como muito relevantes. As inovações tecnológicas referentes ao preparo do solo e técnicas de plantio foram classificadas como muito relevante tanto na década de 1990 quanto nos seis primeiros anos dos anos 2000.

Em relação à produção de mudas, nos anos 1990 e nos seis primeiros anos dos anos 2000, houve maior destaque pela produção via assexuada (através da clonagem) Esse tipo de

produção passou a ser mais utilizada a fim de se obter ganhos genéticos de maneira mais rápida, além de maior uniformidade obtida nos plantios.

Figura 12 – Percentagens dos entrevistados que classificaram as inovações tecnológicas de cada etapa da silvicultura como relevantes na década de 80

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: As barras em amarelo fazem parte do conjunto mecanização, as barras em azul são classificadas como proteção florestal e em laranja como manejo florestal.

De 1990 a 2006, de acordo com os resultados, intensificaram-se as linhas de pesquisa voltadas para o controle de qualidade nos viveiros florestais e no campo. Dos 19 questionários respondidos, 68,42% e 73,68%, respectivamente, consideraram as inovações quanto ao controle de qualidade nos viveiros florestais e no campo, na década de 1990, como relevante. Nos anos 2000, essas inovações foram classificadas, conforme 52,63% e 42,11% dos entrevistados, como sendo muito relevantes.

As inovações sobre mecanização florestal ganharam impulso na década de 90. As etapas pesquisadas nessa área que foram classificadas como relevante nesse período referem-se à implantação, disponibilidade de máquinas e impacto ao meio ambiente. Já a produtividade das máquinas e a colheita foram consideradas como muito relevante nessa década. Contudo, foi a partir dos anos 2000 que os avanços tecnológicos nessa área se intensificaram. Conforme a Figura 13, as inovações nas etapas da mecanização foram computadas como muito relevantes nos anos 2000. Os processos de mecanização das operações buscam a redução dos custos e a aumento de competitividade como forma de auferir ganhos em competitividade. Segundo Seixas (2005), a

importância da colheita florestal no Brasil, por exemplo, reflete-se na composição do custo da madeira, atingindo cerca de 25% de seu preço final. Dessa forma, faz-se necessária a redução desses custos como forma de aumentar a produtividade e reduzir os riscos de trabalho da mão-de-obra que trabalha nas florestas plantadas. Porém, deve-se acrescentar nesses avanços o problema da utilização das máquinas sobre o meio ambiente. De acordo com Seixas (2005), o tráfego de máquinas em uma floresta pode causar danos em árvores remanescentes, além de influenciar a qualidade dos recursos hídricos e compactação do solo florestal.

Figura 13 – Etapas da mecanização cujas inovações foram classificadas como muito relevantes nos anos 2000

Fonte: Dados da pesquisa.

As inovações em relação aos sistemas computacionais não foram relevantes na década 80. Já na década de 90, 63,16% da amostra considerou essa etapa como tendo inovações relevantes e nos anos 2000, 73,68% dos entrevistados as classificaram como muito relevantes. Esses avanços nos sistemas computacionais nos últimos anos são reflexos do aumento da demanda por dados confiáveis que agilizem e aperfeiçoem os fluxos de informação no setor florestal. Assim, o aprimoramento nessa área pode ser traduzido como a busca por maior eficiência e redução de custos das operações.

Visando quantificar ordinalmente as avaliações feitas sobre as inovações tecnológicas, atribuiu-se à variável classificada como pouco relevante a nota 1, à classificação relevante a nota 2 e à classificação muito relevante a nota 3. O grau de relevância foi estabelecido de acordo com a figura 14.

Figura 14 – Grau de relevância atribuído às inovações tecnológicas nas décadas de 1980, 1990 e nos anos 2000

Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 8 mostra a média da relevância atribuída a cada uma das inovações tecnológicas avaliadas nas décadas de 80 e 90 e nos anos 2000.

De acordo com a tabela 8, a maioria das inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura tiveram aumento em suas médias da década de 1980 para a década de 1990, da década de 1990 aos anos 2000 e da década de 1980 para os anos 2000, com exceção das inovações tecnológicas na área de melhoramento genético tradicional, produção de mudas (via sexuada, recipiente e substrato) e manejo florestal referente à espaçamento. Da década de 1980 para a década de 1990, da década de 1990 para os anos 2000 e da década de 1980 para os anos 2000, as médias caem na área de melhoramento genético tradicional, produção de mudas (via sexuada e recipiente) e manejo florestal referente à espaçamento. Para a produção de mudas através de substrato, a média aumentou da década de 1980 para a década de 1990, caiu da década de 1990 para os anos 2000 e comparando a década de 1980 e os anos 2000 a média subiu.

Tabela 8 – Média do grau de relevância de cada inovação tecnológica na silvicultura nas décadas de 80 e 90 e nos anos 2000

Etapas avaliadas		Médias		
		Década de 80	Década de 90	Anos 2000
Melhoramento genético	Tradicional	2,63	2,26	1,84
	Biotecnologia	1,52	2,16	2,84
Produção de Mudas	Via sexuada (semente)	2,57	2,00	1,26
	Via assexuada (clone)	1,63	2,47	2,89
	Recipiente	2,31	2,10	1,57
	Substrato	1,26	2,10	1,68
Manejo Florestal	Controle mato-competição	2,00	2,36	2,42
	Espaçamento	2,16	2,10	1,94
	Preparo de solo	2,26	2,47	2,52
	Técnicas de plantio	2,26	2,47	2,52
	Adubação	2,16	2,42	2,63
	Manutenção	1,63	2,00	2,10
	Monitoramento	1,84	2,16	2,52
Proteção florestal (pragas e doenças)	Técnicas de controle	1,84	2,00	2,31
Controle de qualidade	Viveiro	1,73	2,21	2,36
	Campo	1,68	2,16	2,26
	Implantação	1,63	2,05	2,36
Mecanização	Disponibilidade das máquinas	1,36	2,15	2,31
	Produtividade ou capacidade das máquinas	1,47	2,31	2,42
	Colheita	1,73	2,52	2,73
	Impacto ao meio ambiente	1,15	2,00	2,79
Sistemas computacionais		1,21	2,26	2,68

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na tabela 9, que mostra os resultados do teste de Wilcoxon¹², é possível verificar se as alterações ocorridas nas médias em cada uma das inovações tecnológicas, nos períodos analisados, são estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%. As alterações nas médias das inovações tecnológicas que foram significativas estão marcadas em negrito no valor z do teste de Wilcoxon.

12 Como foi mencionado, o teste de Wilcoxon compara as variáveis duas a duas. Assim, por exemplo, é verificada a diferença entre cada etapa nas décadas de 80 *versus* 90, década de 90 *versus* anos 2000 e década de 80 *versus* anos 2000.

Estatisticamente é provado que o incremento de relevância das inovações tecnológicas, em todos os períodos analisados, ocorreu nos seguintes casos: melhoramento genético via biotecnologia, produção de mudas via assexuada, monitoramento, impacto da mecanização sobre o meio ambiente e sistemas computacionais. As outras etapas do processo produtivo se destacaram por crescimento da importância das inovações ocorridas da década de 80 para a de 90 ou da década de 90 para os anos 2000. Exceção são as pesquisas de espaçamento e preparo do solo, que não apresentaram significância estatística na alteração de relevância em termos de inovação tecnológica.

Tabela 9 – Teste de Wilcoxon para a diferença da relevância das inovações tecnológicas na silvicultura entre diferentes períodos

Inovações tecnológicas na silvicultura		Década de 80 versus Década de 90		Década de 90 versus Anos 2000		Década de 80 versus Anos 2000	
		valor do Z	Prob. Estatística	valor do Z	Prob. Estatística	valor do Z	Prob. Estatística
Melhoramento genético	Tradicional	-1,941	0,052	-2,309	0,021	-2,696	0,007
	Biotecnologia	-3,000	0,003	-3,357	0,001	-3,610	0,000
	Via sexuada (semente)	-3,317	0,001	-3,742	0,000	-3,729	0,000
Produção de Mudas	Via assexuada (clone)	-3,771	0,000	-2,309	0,021	-3,510	0,000
	Recipiente	-1,155	0,248	-2,887	0,004	-2,301	0,021
	Substrato	-1,134	0,257	-2,309	0,021	-2,299	0,022
Manejo Florestal	Controle mato-competição	-2,111	0,035	-0,333	0,739	-2,000	0,046
	Espaçamento	-0,302	0,763	-0,905	0,366	-1,265	0,206
	Preparo de solo	-1,265	0,206	-0,378	0,705	-1,249	0,212
	Técnicas de plantio	-2,887	0,004	-1,134	0,257	-1,941	0,052
	Adubação	-1,508	0,132	-1,414	0,157	-2,496	0,013
	Manutenção	-2,111	0,035	-0,816	0,414	-2,179	0,029
Proteção florestal (pragas e doenças)	Monitoramento	-2,121	0,034	-2,449	0,014	-2,919	0,004
	Técnicas de controle	-1,134	0,257	-2,333	0,020	-2,165	0,030
Controle de qualidade	Viveiro	-2,714	0,007	-0,832	0,405	-2,049	0,040
	Campo	-2,496	0,013	-0,440	0,660	-2,114	0,034
	Implantação	-2,530	0,011	-1,732	0,083	-2,697	0,007
Mecanização	Disponibilidade das máquinas	-2,697	0,007	-1,342	0,180	-3,051	0,002
	Produtividade ou capacidade das máquinas	-3,176	0,001	-0,577	0,564	-3,626	0,000
	Colheita	-3,638	0,000	-1,414	0,157	-3,416	0,001
	Impacto ao meio ambiente	-3,771	0,000	-3,873	0,000	-3,906	0,000
	Sistemas computacionais	-3,879	0,000	-2,138	0,033	-3,758	0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

5.1.3 Impactos das inovações tecnológicas sobre a produtividade da silvicultura

Conforme Antonangelo e Bacha (1996), as inovações tecnológicas são importantes na determinação da produtividade da silvicultura à medida que provocam mudanças no ambiente (como, por exemplo, o desenvolvimento na área de adubação melhorando os níveis de fertilidade do solo), bem como quando proporcionam um melhoramento genético nas espécies plantadas. Segundo os autores, a relação entre pesquisa/ inovação tecnológica e expansão da silvicultura e da indústria brasileira de celulose é estabelecida pela produtividade. Em geral, pode-se dizer que as inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura brasileira provocaram aumento geral da produtividade que, por sua vez, reduziram os custos do reflorestamento/florestamento, elevando a rentabilidade do setor, refletindo sua expansão.

Fruto das inovações tecnológicas comentadas no item 5.1.2, a produtividade da silvicultura cresceu fortemente, fazendo do Brasil o país de maior produtividade na produção de madeira para celulose e que consegue menor período de maturação da árvore para colheita.

“Segundo Bacha (2006, p.21-23), a produtividade média da eucaliptocultura em 1968 era de 17,5 st/ha/ano e passou em 2000 para 48 st/ha/ano. No caso da pinocultura, essas produtividades foram, respectivamente, 20 e 36 st/ha/ano. O ritmo de crescimento da produtividade da eucaliptocultura é maior do que o da pinocultura e esse ritmo de crescimento diminui a partir de 1992.

A taxa de crescimento geométrica anual da produtividade da eucaliptocultura entre 1968 e 2000 foi de 3,44% e da pinocultura foi de 2,12%. No período de 1968 a 1991, a produtividade da eucaliptocultura cresceu à taxa de 4,42% a.a. e da pinocultura à taxa de 2,39% a.a.. No período de 1991 a 2000, essas taxas foram, respectivamente, 0,86% a.a. e 0,7% a.a.”

(...)

“Observa-se que as árvores crescem mais rápido e se maturam mais cedo no Brasil. Em nosso país, é possível colher uma árvore para produzir celulose aos 7 anos, enquanto na Suécia e na Finlândia esse tempo é, no mínimo, de 35 anos. Outros países, tais como Indonésia e Austrália, também conseguem colher árvores para produção de celulose após 7 anos de seu plantio, mas como produtividade 50% menor do que a brasileira, ou seja, conseguem incremento médio anual de 20 a 25 st/ha/ano frente aos 45 a 50 st/ha/ano do Brasil.”

Conforme a Figura 15, a qual compara a produtividade da silvicultura brasileira ($m^3/ha/ano$) com a de outros países, verifica-se que a produtividade brasileira é maior em relação à todos outros países concorrentes. Sendo assim, o contínuo melhoramento dos procedimentos da silvicultura e da indústria possibilitou ao Brasil alcançar posição altamente competitiva frente a seus principais competidores no mercado internacional.

Figura 15 – Produtividade média da silvicultura em alguns países segundo as espécies florestais ($m^3/ha/ano$)

Fonte: Garlipp (2005a)

Essa grande produtividade dos plantios florestais faz a madeira ter pouca importância no custo de produzir uma tonelada de celulose no Brasil. Observa-se na Figura 7 que a madeira custou, em 2005, US\$ 100 por cada tonelada produzida de celulose. Esse valor para Espanha, Portugal, Finlândia, Suécia e Canadá foram respectivamente, US\$ 227,90, US\$ 209,90, US\$ 188,86, US\$ 224,64 e US\$ 138,81.

5.2 Pesquisas e inovações tecnológicas na indústria de celulose no Brasil

De modo semelhante ao item anterior, o presente item analisa três aspectos das pesquisas e inovações na indústria de celulose: a evolução dos tipos de pesquisas e inovações realizadas (subitem 5.2.1), a importância dessas inovações segundo especialistas consultados (subitem 5.2.2) e os impactos das inovações na qualidade e custo da produção da celulose produzida no Brasil (subitem 5.2.3).

5.2.1 Evolução das pesquisas e inovações tecnológicas na indústria de celulose no Brasil

Segundo Higashi (1993), as pesquisas geradas no Brasil na área florestal são bem mais amplas que as geradas na área industrial, já que as empresas aqui instaladas foram fortemente condicionadas a adotar uma estratégia tecnológica ofensiva na área florestal, procurando obter alta produtividade aliada à uniformidade nas florestas. Por outro lado, na área industrial a estratégia foi defensiva, uma vez que as firmas líderes possuem somente capacidade de operação e adaptação das tecnologias industriais, gerando, dessa forma, processos de inovação incremental. Dessa maneira, é na área florestal que o país mais se destacou em termos de desenvolvimento tecnológico.

De acordo com Valença (2005), o parque fabril de bens de capital instalado no Brasil que atende ao setor de celulose e papel utiliza tecnologia gerada pelas matrizes estrangeiras das empresas aqui instaladas. Sendo assim, os atuais produtores de bens de capital para a indústria de celulose e papel instalados no Brasil são controlados por empresas multinacionais, e delas dependentes em relação à tecnologia. Ainda segundo o autor, essa situação proporcionou melhoria na qualidade técnica dos equipamentos. Entretanto, tal situação dificultou a disponibilidade de mão-de-obra técnica local e a prestação de serviços pelas empresas usuárias de bens de capital na indústria de celulose e papel. Além disso, as maiores empresas nacionais especializadas em montagem praticamente desapareceram do mercado, o mesmo acontecendo com empresas de engenharia.

Em relação à conduta das empresas produtoras de celulose frente ao mercado internacional, observa-se que elas têm como principais estratégias, de acordo com Hilgemberg e Bacha (2003), a produção de bens que atendam às exigências mundiais.

Com a descoberta, em meados da década de 1980, das dioxinas e furanos nos efluentes das polpas, oriundos do branqueamento da celulose com cloro, a indústria de celulose e papel passou a sofrer forte pressão para alterar o processo de branqueamento. Assim, observou-se, no início da década de 90, maior concentração das pesquisas nas áreas de processos de polpação e branqueamento. Esses trabalhos foram totalmente direcionados para a madeira de eucalipto, uma vez que os conhecimentos disponíveis relacionados à polpação e branqueamento destas matérias-primas são escassos na literatura mundial. Tiveram destaque os trabalhos que buscaram o aumento do rendimento de processos de polpação e a eliminação de compostos clorados nas seqüências de branqueamento.

Segundo os autores referidos acima, duas alternativas surgiram para alterar o processo de branqueamento: a substituição do cloro elementar pelo dióxido de cloro no branqueamento da celulose, gerando o processo Elemental Chlorine Free - ECF, ou o branqueamento com peróxido de hidrogênio, originando o processo Totally Chlorine Free - TCF. No entanto, pelo fato da celulose TCF ter maior custo de produção do que a celulose ECF e aquela não ser livre de críticas quanto aos danos ambientais e nem ter diferencial de preço em relação à celulose ECF, as empresas de celulose de todo o mundo passaram a dar preferência à produção de ECF. Em 2002, a produção a base de dióxido de cloro (processo ECF) para o branqueamento da celulose alcançou 64 milhões de toneladas. Espera-se que tal produção continue a crescer devido à entrada de novos produtores do processo ECF: Brasil, Chile, Alemanha e China (TRENDS IN WORDS..., 2002).

As empresas brasileiras, com a finalidade de inserir definitivamente o setor brasileiro de celulose e papel nos padrões mundiais passaram, a partir da segunda metade da década de 1980, a adotar uma conduta pró-ativa frente às pressões ambientais. Segundo Saraiva et al. (2003), as empresas brasileiras passaram a optar pelo processo com dióxido de cloro (ECF), alcançando redução de 60% na emissão de DBO (descarga emitida pela celulose standard baseada em cloro elementar) na linha de branqueamento. Além disso, com esse novo processo foi possível utilizar menor volume de água consumida por tonelada de celulose. Trabalhando nessa nova linha, a Ripasa, por exemplo, reduziu seu consumo de cerca de 35 m³/t da antiga linha para 12 m³/t de celulose ECF.

Além dessas preocupações com as questões ambientais, o cenário mundial tem mostrado que o desenvolvimento tecnológico na indústria de celulose e papel está sendo

realizado por meio de uma parceria entre o setor privado e o setor público, através dos relacionamentos entre empresas, universidades e centros de pesquisa. Essas parcerias devem ser vistas como um mecanismo de aproximação entre as universidades e o setor produtivo florestal brasileiro, de forma mais direta e benéfica do que a simples transferência de tecnologia, já que ambas as partes envolvidas compartilham os recursos materiais, financeiros e humanos em busca de um foco de interesses comuns. Sendo assim, essa parceria possibilita o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, as quais contribuem para a competitividade das empresas e países, gerando formação de recursos humanos de elevada competência para acompanhar a velocidade das mudanças tecnológicas, além de aumentar o número de publicações sobre o setor e também ampliar o número de patentes.

Barrichello (2005) mostra que as primeiras manifestações de integração universidade-empresa datam do início da década de 1960, em que a ESALQ/USP manteve contatos com os profissionais da Champion (hoje International Paper do Brasil), iniciando os primeiros trabalhos que consolidaram essa aproximação. As principais ações ocorridas em paralelo foram a criação da cadeira de Silvicultura em 1962 e a criação do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF na ESALQ em 1968, o qual foi fundado por cinco grandes empresas florestais da época.

Nos últimos anos, teve início uma parceria para inovação tecnológica entre o laboratório Max Feffer de Genética de Plantas, vinculado ao departamento de Genética da ESALQ/USP e a indústria Suzano de Papel e Celulose. O estudo de Labate (2005) mostra que a primeira parte desse projeto consistiu na clonagem de vários genes, com o intuito de melhorar o rendimento do processo de polpação para a produção de celulose, além de permitir a diminuição de custos por parte das empresas com a redução no uso de produtos químicos e produção de efluentes pela indústria. Além disso, também foi possível produzir papéis de melhor qualidade, abrindo caminho para as empresas ganharem market-share, aumentando dessa forma a competitividade do segmento brasileiro exportador de celulose.

Por fim, uma das mais importantes e recente vínculo da universidade e empresas ligadas ao setor florestal brasileiro, segundo Gomes (2005), foi a doação de R\$1.000.000,00 pela Votorantim Celulose e Papel para a modernização e a ampliação das instalações do Laboratório de Química, Celulose e Energia - LQCE da ESALQ/USP.

Outro ponto enfrentado pelo segmento industrial brasileiro refere-se à reciclagem de papel no país. Conforme Foelkel (2001), apesar do lixo urbano no Brasil não ser muito rico em

papel, uma vez que o consumo per capita de papel não é alto (cerca de 40 kg/habitante/ano), a nossa sociedade vive em grandes cidades, o que favorece o acúmulo, coleta e seleção de papéis usados e de aparas geradas em fase de pós-consumo. Dessa maneira, o papel é reciclado no país, de acordo com a Tabela 10, a uma taxa de 46%, mostrando que essa atividade tem excelente performance, levando em conta a pobre qualidade do lixo. Essa taxa, conforme a tabela 10, classifica o país em oitavo lugar no ranking mundial da taxa de recuperação de papéis recicláveis. Os principais usos destinados ao papel reciclado são a fabricação de embalagens de papelão ondulado, papéis higiênicos, produtos de polpa moldada e papéis e cartões para embalagens.

Tabela 10 – Taxa de recuperação de papéis recicláveis em 2005 nos principais países

Posição	Países	Taxa de recuperação de papéis recicláveis (%)
1	Coréia do Sul	86,30
2	Japão	68,40
3	Alemanha	68,00
4	Espanha	54,00
5	Reino Unido	51,90
6	Itália	49,20
7	Estados Unidos	47,50
8	Brasil	46,00
9	Argentina	44,70
10	México	41,90
11	Malásia	38,70
12	Polônia	33,20
13	China	30,40

Fonte: Bracelpa (2006)

A reciclagem de papel no país, segundo Foelkel (2001), compete por market-share com o mercado de fibra virgem, gerando reações conflituosas. Todavia, deve-se considerar que essa atividade de reciclagem, além de ser ecologicamente correta e economicamente viável, tem propiciado a geração de excedentes de polpa para exportação, gerando empregos, divisas e contribuindo com a melhoria da balança comercial brasileira, o que estimula a continuidade do modelo exportador de celulose e papel que se iniciou em 1970.

5.2.2 Importância das inovações tecnológicas na indústria de celulose de 1980 a 2006

Na área industrial, 15 questionários foram respondidos e as respostas estão no Anexo A.

Na década de 80, de acordo com a Figura 16, as inovações tecnológicas relevantes concentraram-se na qualidade da polpa, produção de papel, desenvolvimento de produtos, branqueamento, qualidade da madeira, polpação e matriz energética.

Figura 16 – Etapas do processo de produção da celulose cujas inovações foram classificadas como relevantes na década de 80

Fonte: Dados da pesquisa.

Na década de 90, as inovações tecnológicas classificadas como relevantes se referem à qualidade da madeira (segundo 73,33% dos entrevistados), preparação da madeira (73,33%), polpação (53,33%), qualidade da polpa celulósica (80%), matriz energética (66,67%), desenvolvimento de produtos (53,33%), controle da poluição do ar (46,67%), produção de papel (66,67%), genômica e OGMS (66,67%) e formação de recursos humanos (86,67%). Já as inovações referentes à branqueamento, tratamento de efluentes, e máquinas e equipamentos

foram classificadas como de maior impacto na área industrial, recebendo a maior porcentagem como sendo muito relevantes (Figura 17).

Figura 17 – Etapas do processo de produção da celulose cujas inovações foram classificadas como muito relevantes na década de 90

Fonte: Dados da pesquisa.

De 2000 a 2006, de modo geral, houve avanços tecnológicos em praticamente todas as áreas de pesquisa. Os itens qualidade da madeira, polpação, branqueamento, tratamento de efluentes, matriz energética, controle da poluição do ar, desenvolvimento de produtos, máquinas e equipamentos, biotecnologia industrial, genômica e OGMS, e formação de recursos humanos foram classificadas como muito relevantes pela maior parte dos entrevistados.

A tabela 11 mostra a média da relevância atribuída a cada uma das inovações tecnológicas ocorridas no processo industrial da celulose nas décadas de 80 e 90 e nos anos 2000. O grau de relevância também foi estabelecido de acordo com a figura 14.

Tabela 11 – Média do grau de relevância de cada inovação tecnológica na área industrial de produção de celulose nas décadas de 80 e 90 e nos anos 2000

Etapas avaliadas	Médias		
	Década de 80	Década de 90	Anos 2000
Qualidade da Madeira (Integração Floresta-Indústria)	1,80	2,26	2,73
Preparação da madeira	1,40	2,00	2,20
Polpação	1,93	2,46	2,53
Qualidade da polpa celulósica	2,00	2,20	2,43
Branqueamento	2,00	2,66	2,66
Tratamento de efluentes sólidos e líquidos	1,20	2,53	2,73
Matriz energética	2,00	2,06	2,33
Controle de emissões aéreas (Poluição do ar)	1,66	2,26	2,66
Desenvolvimento de produtos	1,73	2,20	2,60
Produção de papel	1,86	2,06	2,20
Máquinas e equipamentos	1,86	2,46	2,40
Biotecnologia industrial	1,46	1,80	2,20
Genômica e OGMs	1,20	1,80	2,86
Formação de recursos humanos	1,33	1,86	2,46

Fonte: Dados da pesquisa.

As médias da relevância das inovações tecnológicas em todas as etapas analisadas na tabela 11 foram crescentes da década de 1980 para a década de 1990 e da década de 1990 para os anos 2000, com exceção das máquinas e equipamentos em que a média teve elevação da década de 80 para a de 90 e queda da década de 90 aos anos 2000; e do branqueamento, cuja média sobe da década de 80 para a de 90 e permanece estável nos anos 2000. Comparando a década de 1980 e os anos 2000, nota-se que as relevâncias das inovações tecnológicas ampliaram em todas as atividades ressaltadas na tabela 11.

Com base na tabela 12, verifica-se que da década de 1980 para a década de 1990 o aumento das médias foi estatisticamente significativo, ao nível de significância de 5%, para as seguintes inovações tecnológicas: qualidade da madeira, preparação da madeira, polpação, branqueamento, tratamento de efluentes, controle de emissões aéreas, desenvolvimento de

produtos, máquinas e equipamentos, genômica e OGMS e formação de recursos humanos. Da década de 1990 aos anos 2000, os aumentos tiveram significância estatística para as inovações tecnológicas referentes à qualidade da madeira, preparação da madeira, genômica e OGMS e formação de recursos humanos. Da década de 1980 para os anos 2000, praticamente todos os aumentos foram significativos, com exceção de matriz energética e produção de papel.

Tabela 12 – Teste de Wilcoxon para a diferença das inovações tecnológicas na produção industrial de celulose entre diferentes períodos

Inovações tecnológicas na indústria	Década de 80 versus Década de 90		Década de 90 versus Anos 2000		Década de 80 versus Anos 2000	
	valor Z	Probabilidade estatística	valor Z	Probabilidade estatística	valor Z	Probabilidade estatística
qualidade da madeira	-2,333	0,02	-2,646	0,008	-2,81	0,005
preparação da madeira	3,000	0,003	-1,342	0,18	-2,972	0,003
polpação	-2,530	0,011	-0,447	0,655	-2,324	0,020
qualidade da polpa celulósica	-1,732	0,083	-1,667	0,096	-2,530	0,011
branqueamento	-3,162	0,002	-0,333	0,739	-2,165	0,030
tratamento de efluentes	-3,272	0,001	-1,134	0,257	-3,361	0,001
matriz energética	-0,302	0,763	-1,265	0,206	-0,686	0,493
controle de emissões aéreas	-2,324	0,02	-1,897	0,058	-2,517	0,012
desenvolvimento de produtos	-2,646	0,008	-1,897	0,058	-3,127	0,002
produção de papel	-1,732	0,083	-1,000	0,317	-1,633	0,102
máquinas e equipamentos	-2,460	0,014	-0,577	0,564	-1,994	0,046
biotecnologia industrial	-1,318	0,187	-1,73	0,084	-2,041	0,041
genômica e OGMS	-3,000	0,003	-3,557	0,000	-3,542	0,000
formação de recursos humanos	-2,828	0,005	-3,000	0,003	-3,153	0,002

Fonte: Dados da pesquisa.

5.2.3 Impactos das inovações tecnológicas na qualidade e custo de produção da celulose feita no Brasil

Com o esforço consistente na atualização tecnológica das operações de produção de celulose, o segmento industrial desse produto vem apresentando melhorias nos indicadores de eficiência nessas operações. De acordo com a figura 18, pode-se evidenciar que houve inovações na indústria brasileira de celulose por meio dos indicadores técnicos de consumo de madeira na produção de celulose. O consumo anual de madeira para produzir uma tonelada de celulose apresentou tendência de queda no período de 1992 a 2003. Isso está associado às inovações

tecnológicas ocorridas na silvicultura, as quais permitiram trocar sementes por clones selecionados; e a melhorias na parte industrial. Além disso, conforme a figura 18, o consumo de água na produção de cada tonelada de celulose reduziu 39% no período de 1991 a 2003, o que evidencia uma melhor gestão dos efluentes líquidos nas fábricas de celulose, isto é, o reaproveitamento de efluentes dentro da própria fábrica, o que permite a reutilização da água e a diminuição cada vez mais acentuada de seu consumo.

Figura 18 – Evolução do consumo de madeira (volume em m³ por tonelada de celulose - m³/tcel) e do consumo de água (metros cúbicos de água por tonelada de celulose seca ao ar - m³H₂O/tsa) na produção de uma tonelada de celulose

Fonte: Adaptado de Garlipp (2005)

Segundo o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2005), em relação ao consumo de energia, o setor de celulose e papel tem utilizado um consumo específico médio de energia elétrica de 1.000 kWh/t, tanto para a celulose, quanto para o papel. No entanto, convém ressaltar que este segmento industrial, pelas características específicas do seu processo de produção, gera diversos produtos residuais, tais como licor negro, lixívia, cuja queima é apropriada para a cogeração de energia. Atualmente, a parcela de cogeração no setor já é elevada e estima-se que quase toda a expansão futura da capacidade instalada do setor de papel e celulose seja atendida via cogeração de energia elétrica.

Devido, em parte, aos significativos avanços tecnológicos na área industrial, os quais permitiram a redução do custo do Brasil na produção de uma tonelada de celulose branqueada de fibra curta, o Brasil tem posição de destaque no comércio internacional de celulose, ocupando a 7^a posição na produção mundial desse produto, incluindo todos os tipos de celulose de mercado, e a 1^a posição na produção de celulose de fibra curta de eucalipto.

Os fatores que mais contribuíram para esse aspecto declinante do custo de produção associam-se ao custo da energia, do trabalho e dos produtos químicos. De acordo com a figura 19, esses custos, em dólares correntes, apresentam tendência de queda ao longo do período analisado. Em 1980, os custos da energia, dos produtos químicos e do trabalho foram, respectivamente, US\$ 39, US\$ 47 e US\$ 26 por tonelada e, em 2005, esses custos foram, respectivamente, US\$ 21, US\$ 35 e US\$ 15. Em 1980, os custos da energia, dos produtos químicos e do trabalho representaram 13%, 15,5% e 8,61%, respectivamente, do custo variável de produção de uma tonelada de celulose de fibra curta. Por outro lado, em 2005, esses custos participaram com 7%, 12% e 5%, respectivamente no custo variável de produção de uma tonelada de celulose.

Figura 19 – Evolução do custo da energia, dos produtos químicos e do trabalho na produção de uma tonelada de celulose branqueada de fibra curta para o Brasil em US\$/ton.

Fonte: RISI (2006)

A elevação dos custos em dólar com energia, produtos químicos e trabalho nos anos 2000, observada na figura 19, deve-se à valorização do real frente ao dólar. Convertendo os valores da figura 19 em reais deflacionados (a preços de agosto de 1994), veja a figura 20, observa-se que os custos com energia e produtos químicos se estabilizam e os custos com trabalho têm ligeira tendência a cair nos anos 2000, após grandes reduções ocorridas nas décadas de 80 e 90.

Figura 20 – Evolução do custo da energia, dos produtos químicos e do trabalho na produção de uma tonelada de celulose branqueada de fibra curta para o Brasil em R\$/ton.

Fonte: Dados da figura 19. Para deflacionar os preços em US\$/ton, tomou-se a taxa de câmbio nominal média R\$/US\$ do IPEADATA e o IGP-DI – geral – índice (ago. 1994 = 100)

6 ESTIMATIVAS DAS EQUAÇÕES DE OFERTA E DEMANDA PELAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE CELULOSE

As estimativas das equações de oferta e demanda de celulose e pastas adotando o método dos mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E) são apresentadas neste capítulo. Os dados atualizados estão na tabela 13.

Inicialmente, considerou-se as equações definidas no item 3.2.1 e considerando o PIB ponderado dos principais países compradores da celulose brasileira. No entanto, os resultados econométricos dessas estimativas não foram bons.

Em seguida, substitui-se a variável (PIB^E) pelas importações mundiais (DI) e inclui-se a variável dependente defasada como variável explicativa na equação de oferta¹³. Algumas estimativas usando dados normais ou em logaritmo e omissão de variáveis explicativas não significativas ou com sinais contrários aos esperados foram realizadas. O ANEXO B traz as regressões estimadas¹⁴.

¹³ As séries foram consideradas estacionárias nesse modelo, já que não se realizou testes de séries temporais devido ao pequeno número de observações. Para corrigir o problema de autocorrelação, utilizou-se a variável explicativa defasada de um ano.

¹⁴ Um modelo alternativo foi testado colocando a taxa de câmbio (TC) como variável explicativa na equação de oferta. No entanto, os resultados econométricos na equação de oferta não foram bons, pois houve inversão dos sinais esperados das variáveis preço e custo de produção, além do que os coeficientes estimados para essas variáveis não foram estatisticamente significativos. A equação de demanda apresentou bons resultados estatísticos. Isto pode ser visto no caso 12 do ANEXO B.

Tabela 13 - Quantidade exportada (y) em toneladas, preço da celulose brasileira (PBR) em dólares, custo variável de produção (CP) em dólares, capacidade instalada em toneladas (CI), preço em dólar dos concorrentes (PCON); e demanda de importação mundial (DI) e do nível de atividade econômica do importador (PIB^E)

Ano	Y	PBR	CP	CI	PCON	DI	PIB ^E	IPAEUA	IPCEUA
1980	890745	409	302	3596950	459,11	19262900	10141,08	67,66	47,85
1981	952923	384	323	3807650	470,15	18472800	11122,55	73,84	52,79
1982	877999	335	301	3956750	426,01	17267600	11775,78	75,33	56,04
1983	988494	315	240	3979850	364,89	19563200	12480,01	76,27	57,84
1984	982004	406	232	4111100	428,04	20529300	13457,50	78,09	60,34
1985	940462	300	221	4302200	359,71	20740900	14338,44	77,72	62,49
1986	898903	368	212	4453050	390,73	22246445	15147,54	75,47	63,65
1987	817064	489	223	4557700	510,43	23962408	16076,16	77,46	66,03
1988	1066291	590	251	4991000	601,54	24621629	17428,35	80,57	68,68
1989	1003132	685	270	5040350	674,63	24804444	18606,77	84,57	71,99
1990	1039501	577	341	5111050	641,09	24048689	19972,30	87,58	75,88
1991	1384021	424	286	5507250	489,53	25122344	20730,54	87,78	79,09
1992	1642494	455	270	6576850	474,13	27023564	21202,29	88,30	81,48
1993	2422084	297	274	6586300	380,25	27360919	21796,87	89,59	83,89
1994	2074513	410	253	6657700	460,49	30010095	22848,66	90,75	86,08
1995	1983775	744	299	6812050	694,82	30511682	23940,44	94,00	88,49
1996	2240084	446	296	7146650	481,67	31206464	24090,13	96,20	91,09
1997	2502898	409	293	7455000	452,49	32982844	24844,23	96,14	93,22
1998	2805802	374	271	7749350	428,63	33518453	25905,49	93,75	94,66
1999	3110714	400	207	7902650	437,33	35389795	26570,61	94,54	96,73
2000	3013830	532	233	7902650	560,56	36635864	30324,89	100,00	100,00
2001	3013830	414	208	8199100	434,30	37986526	30272,64	101,11	102,83
2002	3338262	348	198	8960000	397,96	39130803	30267,82	98,79	104,46
2003	4570440	382	224	9591750	444,70	39524641	33616,00	104,07	106,83
2004	4988790	345	250	9833600	494,24	42556125	36029,69	110,50	109,69
2005	5547044	367	284	10765678	506,61	42939954	36222,43	118,59	113,41

Fonte: Y, PBR e CI obtidos da Bracelpa (2006); CP obtido da RISI (2006); PCON e DI obtidos da FAO (2006); IPA-EUA e IPC-EUA obtidos do IPEA (2006)

Na estimativa das equações da oferta e demanda de celulose, foi escolhido como melhor resultado econométrico as seguintes equações:

Oferta de celulose

$$\ln Y_t = -2,7132 + 0,3966403 \cdot \ln PBR_t - 0,047704 \cdot \ln CP_t + 1,0457 \cdot \ln Y_{t-1}$$

$$(-1,17)^{ns} \quad (1,34)^d \quad (0,16)^{ns} \quad (14,92)^a$$

$$R^2_{\text{ajust}} = 0,8998 \quad n = 25 \quad F = 76,56^a \quad h = 0,1518^b$$

Demanda de celulose

$$\ln Y_t = -18,6559 - 0,6895 \cdot \ln PBR_t + 2,17034 \cdot \ln DI_t$$

$$(-7,89)^a \quad (-3,20)^a \quad (18,07)^a$$

$$R^2_{\text{ajust}} = 0,9329 \quad n = 25 \quad F = 165,50^a \quad DW = 1,2599^{IC}$$

onde: os valores entre parênteses sob os coeficientes estimados referem-se à estatística t de student: *a* indica o coeficiente ser estaticamente significativo a 1%, *b* significativo a 5%, *c* significativo a 10%, *d* indica o coeficiente ser estaticamente significativo a 20%, *ns* não significativo e *IC* inconclusivo.

A equação de oferta é exatamente identificada e a equação de demanda é super identificada.

Em relação à oferta de celulose, as variáveis PBR e Y_{t-1} foram significativas a 20% e a 1%, respectivamente. Já o custo de produção não apresentou significância estatística. O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,8998, o que indica que 89,98% da variação ocorrida na oferta brasileira de celulose no mercado internacional foram explicadas pelas variáveis predeterminadas no modelo. O sinal positivo das variáveis PBR e Y_{t-1} indica que estas variáveis têm influência positiva na oferta. A elasticidade-preço da oferta brasileira de celulose foi de 0,3966 indicando que um aumento de 10% no preço da celulose brasileira provoca um aumento de 4% na quantidade ofertada deste produto, *ceteris paribus*. Assim, a oferta brasileira de celulose é inelástica em relação ao seu preço.

O teste h de Durbin, mostrou-se significativo no nível de significância de 5%, não podendo ser rejeitada a hipótese de que não há autocorrelação positiva de primeira ordem.

O preço da celulose brasileira, PBR, e a demanda internacional de celulose são as variáveis que se mostraram relevantes para explicar as variações na demanda de celulose brasileira. O coeficiente de determinação (R^2) mostrou que 93,29% das variações ocorridas na demanda de celulose brasileira foram explicadas pelas variáveis PBR e DI. O coeficiente da variável PBR foi significativo a 1% e apresentou sinal negativo, mostrando a relação inversa entre preço e quantidade demandada. O coeficiente da variável DI também foi significativo a 1% de probabilidade e apresentou sinal positivo, indicando uma relação direta entre quantidade demandada de celulose brasileira e a demanda internacional desse produto. O valor do teste F apresentou alta significância estatística (ao nível de significância de 1%), rejeitando, assim, a hipótese de que os coeficientes sejam iguais a zero. A estatística de Durbin-Watson, aplicada à equação de demanda, para avaliar a existência de correlação serial nos resíduos, mostrou-se inconclusiva.

A elasticidade-preço da demanda de celulose encontrada foi -0,69% indicando que a demanda pela celulose brasileira é inelástica com relação ao seu preço. Um aumento de 10% no preço brasileiro de exportação de celulose ocasionaria uma redução de 6,9% na quantidade demandada do produto. A elasticidade da quantidade demandada de celulose brasileira em relação à demanda internacional desse produto foi 2,17, isto é, um incremento de 10% na demanda mundial de celulose ocasiona um acréscimo de 21,70% na quantidade demandada da celulose brasileira no mercado internacional. Logo, a quantidade demandada da celulose brasileira é elástica em relação à demanda internacional desse produto.

Comparando os resultados deste estudo com o de Silva (1996), que se refere ao período de 1978 a 1993, notou-se que no trabalho desse autor as elasticidades-preço da oferta de celulose foram de 0,11 e 0,18, a curto e longo-prazos, respectivamente, o que indica que um aumento de 10% no preço da celulose possibilitaria o incremento da oferta em torno de 1,1% a curto-prazo e de 1,8% a longo prazo, *ceteris paribus*, indicando que a oferta de celulose é inelástica com relação ao seu preço. Neste presente estudo, a elasticidade-preço da oferta é também inelástica (0,40). Em relação à demanda de exportação, as elasticidades-preço encontradas no trabalho de Silva (1996) foram de -0,17 e -0,37, a curto e longo prazos, respectivamente, indicando que a demanda é inelástica em relação ao seu preço. Da mesma

maneira, a elasticidade-preço da demanda de celulose encontrada nesse trabalho foi inelástica (-0,69).

Os resultados acima apresentados indicam que tanto a oferta como a demanda pelas exportações brasileiras de celulose, apesar de inelásticas, estão aumentando os valores absolutos dessas elasticidades ao longo do tempo. Isto se associa ao aumento da importância do Brasil no comércio internacional de celulose, tal como evidenciado no capítulo 4.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou a evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005. Os objetivos específicos do presente trabalho foram: 1) analisar a estrutura e o desempenho da indústria brasileira de celulose, avaliando sua produção, exportação e custo de produção. Discute-se a reorganização dessa indústria de celulose no Brasil a partir da década de 1980 e ressalta as mudanças que surgiram e seus impactos na competitividade da indústria; 2) identificar as pesquisas e inovações tecnológicas que ocorrem nas áreas florestal e industrial e ressaltar seus possíveis impactos sobre a competitividade da indústria brasileira de celulose; e 3) analisar a evolução das exportações brasileiras de celulose, elaborando um modelo econométrico para evidenciar os principais determinantes da oferta e da demanda por essas exportações.

Alguns aspectos da estrutura, conduta e o desempenho da indústria brasileira de celulose, diante de sua crescente inserção no comércio internacional desse produto, foram analisados tendo como base o paradigma Estrutura-Conduta-Desempenho - ECD. Foram utilizadas para a análise da estrutura e desempenho as seguintes variáveis: produção, exportação, custo de produção, número de empresas e, também, índices de concentração. A conduta da indústria brasileira de celulose foi analisada por meio das pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas no período de 1980 até meados dos anos 2000.

Os resultados em relação à estrutura da indústria brasileira de celulose foram examinados pelos índices CR4 e HHI, os quais apresentaram tendência de aumento, apesar de suas oscilações. Observou-se que de 1990 a 1995 os índices CR4 e HHI aumentaram; de 1996 a 1998, esses índices diminuíram, devido à entrada de novos players no setor; e de 1999 a 2005, os índices de concentração aumentaram novamente. A crescente concentração nesta indústria está associada à ampliação das escalas de produção e aos grandes volumes de investimentos, os quais constituem as principais barreiras à entrada neste setor.

Outra constatação feita neste estudo refere-se ao desempenho da indústria brasileira de celulose frente ao mercado internacional. Notou-se que o Brasil é o 7º e 4º maior país produtor e exportador, respectivamente, de celulose. No período de 1989 a 2005, o Brasil ampliou o número de compradores de sua celulose e, ao mesmo tempo, ganhou *market share* nos seus clientes tradicionais. As vantagens competitivas - advindas de uma redução absoluta de custos, que permitiram ao país ter excelente desempenho e posição de destaque no comércio mundial em

relação aos seus concorrentes - foram geradas por: relativamente pequeno tempo de crescimento das árvores, clima favorável, produção elaborada a partir de madeira oriunda de florestas plantadas, baixo custo na produção de celulose e significativas inovações tecnológicas. Esses elementos inter-relacionam entre si.

Quanto à conduta do setor em relação às inovações tecnológicas ocorridas no setor florestal e na produção industrial de celulose, esse estudo demonstrou que o Brasil realizou grandes inovações tecnológicas na silvicultura e na área industrial. Diante da estrutura da indústria brasileira de celulose analisada no capítulo 4, notou-se que essa indústria nasceu para atender o mercado internacional desse produto. Logo, em sintonia com esse contexto, o segmento produtivo de celulose vem conciliando suas vantagens competitivas (recursos naturais e trabalho) com as vantagens adicionais proporcionadas pelas inovações tecnológicas ocorridas na indústria. Dessa forma, a conduta da indústria brasileira de celulose, diante das pesquisas e inovações tecnológicas, procurou manter a competitividade brasileira no mercado internacional desse produto e, até mesmo, permitiu que o Brasil ampliasse seu *market-share* em outros países e também em seus clientes tradicionais.

As principais inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e na indústria brasileira de celulose foram identificadas através das respostas de 19 questionários na área de silvicultura e 15 questionários na área industrial nos períodos das décadas de 1980, 1990 e dos anos 2000. Foi demonstrado que, na área de silvicultura, há grande mudança ao longo do tempo na relevância das inovações tecnológicas. Melhoramento genético tradicional e produção de mudas através de sementes tiveram relevância tecnológica nos anos 80 e perderam importância nas inovações nos períodos seguintes, quando foram substituídas pelas inovações no melhoramento genético via biotecnologia e produção de mudas clonadas. Também perderam importância as inovações tecnológicas referentes a espaçamento. Entre as que ganharam importância se destacam as inovações na mecanização e nos sistemas computacionais. Na área industrial, os maiores incrementos das inovações tecnológicas ocorreram na década de 90. Nos anos 2000, as inovações tecnológicas na produção industrial que mais têm se destacado se relacionam fortemente com a silvicultura, caso da qualidade e preparação da madeira, genômica e OGMS; ou com a reorganização industrial, onde se destacam as inovações na formação de recursos humanos.

Os avanços tecnológicos nas áreas florestal e industrial trouxeram ganhos em produtividade e redução nos custos de reflorestamento/florestamento, diminuindo os gastos com

madeira na produção de celulose. Tal redução elevou a rentabilidade do setor, causando sua expansão e, conseqüentemente, ampliou sua participação no comércio internacional de celulose.

Diferente de outros trabalhos, equações simultâneas de oferta e demanda pelas exportações brasileiras de celulose foram estimadas para o período de 1980 a 2005. Em relação à oferta de celulose, as variáveis PBR e Y_{t-1} foram significativas a 20% e a 1%, respectivamente. Já o custo de produção não apresentou significância estatística, apesar de ter o sinal correto. A elasticidade-preço da oferta brasileira de celulose foi de 0,4 sendo, portanto, inelástica em relação ao seu preço. Em relação à estimativa da equação de demanda, o preço da celulose brasileira, PBR, e a demanda internacional de celulose foram estatisticamente significativos. A elasticidade-preço da demanda de celulose encontrada foi -0,69 indicando que a demanda pela celulose brasileira é inelástica em relação ao seu preço. Por outro lado, a elasticidade da quantidade demandada de celulose brasileira em relação à demanda internacional desse produto foi 2,17, indicando que a quantidade demandada da celulose brasileira é elástica em relação à demanda internacional desse produto. Esses valores, ao serem comparados com o da literatura, indicam crescimento dos valores absolutos das elasticidades preço da oferta e da demanda ao longo dos anos 90 e 2000.

Essa dissertação procurou contribuir no sentido de mostrar que a expansão da indústria brasileira de celulose, e sua conseqüente inserção no mercado internacional desse produto, no período de 1980 a 2005, foi causada não apenas pelas condições edafo-climáticas brasileiras, mas também pelas inúmeras inovações tecnológicas na silvicultura e na produção industrial de celulose, as quais foram possíveis graças à intensificação das pesquisas realizadas em nosso país. Os avanços tecnológicos permitiram ao país auferir vantagens de custo na produção de cada tonelada de celulose, advindos dos menores custos da madeira, da energia, do trabalho e dos produtos químicos em relação aos seus concorrentes. Além disso, esse estudo procurou estimar as equações de oferta e demanda da celulose brasileira no comércio internacional desse produto, já que não se encontrou trabalhos atualizados e que especificassem as variáveis determinantes desses dois lados das exportações brasileiras de celulose (a oferta e a demanda).

É fato que a relevância das inovações tecnológicas ocorridas na indústria de celulose brasileira foram crescentes da década de 1980 para a década de 1990 e da década de 1990 para os anos 2000. Contudo, não se analisou se tais inovações tecnológicas permitiram enraizar o parque

industrial brasileiro de celulose em sólida capacitação em termos de eficiência operacional dos processos produtivos, com efeitos sobre todo o sistema agroindustrial da celulose no Brasil. Dessa forma, futuros trabalhos podem ser realizados buscando verificar quais os principais investimentos, em termos de infra-estrutura tecnológica e capacitação técnica, ainda devem ser realizados a fim de garantir o crescimento da competitividade do país frente ao mercado internacional de celulose.

REFERÊNCIAS

- ANTONANGELO, A. **As inovações tecnológicas na silvicultura brasileira e seus impactos sobre a expansão desta atividade**. 1996. 156 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- ANTONANGELO, A.; BACHA, C.J.C. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 207-209, 1998b.
- ANTONANGELO, A.; BACHA, C.J.C. As inovações tecnológicas na silvicultura brasileira e seus impactos sobre a produtividade desta atividade. In: AGUIAR, D.R.D.; PINHO, J.B. **O agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas**. Brasília: SOBER, 1998a. v. 2, p. 333-348.
- ANTONANGELO, A.; BACHA, C.J.C. O salto tecnológico da silvicultura brasileira. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v. 11, n. 130, p. 29-30, ago. 1997.
- ARACRUZ desenvolve tecnologia própria. Disponível em:
<http://www.adtp.org.br/noticia.asp?id_noticia=1210>. Acesso em: 13 mar. 2006.
- ARMINGTON, P.S.A. Theory of demand for products distinguished by place of production. **International Monetary Fund Staff Papers**, Washington, v. 16, n. 1, p. 159-178, 1969.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. **Estudo setorial 2004**. 52 p. Disponível em:
<<http://www.abimci.com.br/port/03Dados/0308EstSet2005/0306Quadro.html>>. Acesso em: 20 mar. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA. **Relatório estatístico da BRACELPA**. São Paulo, 1981-2006.
- BACHA, C.J.C. **Estudo prospectivo sobre silvicultura, manejo florestal, madeira e celulose. Relatório de pesquisa**. Piracicaba: ESALQ, Depto. Economia, Administração e Sociologia, nov. 2006. 106 p. Relatório técnico.

BACHA, C.J.C.; SANJUAN, A.E.; CAMARGO, G.; SEIFFERT, M.O.; PEREZ, P.L.; GASPAROTTO, T. Preços de madeira nativa aumentam. **Informativo Cepea Setor Florestal**, Piracicaba, n. 34, p. 1- 4, out./2004. Disponível em:

<<http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/inform34.pdf>> Acesso em: 14 nov. 2006.

BARRICHELLO, L.E.G. Universidade-empresa, integração beneficia o setor. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 101-102, jul./dez. 2005.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES.

Participação do sistema BNDES na evolução do setor de papel e celulose no Brasil. Rio de Janeiro, 1991. 106 p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Indicadores nacionais de ciência e tecnologia.** Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/>>. Acesso em: 16 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Sistema de análise de informações de comércio exterior.** Disponível em: <<http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 19 ago. 2006.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro: diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento: síntese.** Piracicaba, jun. 2002. 176 p.

CAMPOS, H.D. **Estatística experimental não-paramétrica.** 3. ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. Matemática e Estatística, 1979. v. 2.

CHURCH, J.; WARE, R. **Industrial organization: a strategic approach.** New York: McGraw Hill, 2000. 832p.

CONJUNTURA ECONÔMICA. As 500 maiores. Rio de Janeiro: FGV, v. 57 n. 8, ago. 2003. 146 p.

CRUZ, E.S. **Análise do comércio mundial de celulose e papel.** 2001. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo e energia**. Disponível em:

<<http://www.epe.gov.br/mercado/Premissas/Cap%202%20Consumo%20Industrial.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2006.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 17 fev. 2006.

FOELKEL, C. Competitividade, inovação & cooperação no setor. **O Papel**, São Paulo, v. 72, n. 8, p. 27-29, dez. 2003.

FOELKEL, C. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 66-69, jul./dez. 2005.

FOELKEL, C. Fibras virgens e/ou fibras recicladas? **O Papel**, São Paulo, v. 67, n. 3, p. 32-33, set. 2001.

GARLIPP, R. Certificação permite avaliar e monitorar operações florestais. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 88-91, jul./dez. 2005.

GARLIPP, R. Eficiência, gestão, contratos e sustentabilidade na indústria baseada em florestas plantadas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Brasília: SOBER, 2005. p. 1-20.

GARLIPP, R. Fibras virgens e/ou fibras recicladas? **O Papel**, São Paulo, v. 67, n. 3, p. 32-33, set. 2001.

GOMES, F. O desenvolvimento científico em papel e celulose. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 120, jul./dez. 2005.

HIGASHI, Y.H. **Estratégias tecnológicas das empresas líderes na indústria brasileira de Papel**. 1993. 196 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

HILGEMBERG, E.M. **Impactos das pressões ambientais sobre a conduta e o desempenho da indústria brasileira de celulose**. 2000. 156 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

HILGEMBERG, E.M.; BACHA, C.J.C. A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 19, n. 36, p. 67-92, 2001.

HILGEMBERG, E.M.; BACHA, C.J.C. A indústria brasileira de celulose de mercado e as pressões ambientais. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 143-180, jan./mar. 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **IPEADATA**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2006.

JORGE, M.M. **Competitividade da indústria de celulose**. Campinas, 2001. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/publi/Compet/nts_cel.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2004.

KOCH, J.V. **Industrial organization and prices**. 2. ed. New Jersey: Englewood Cliffs, 1980. 540 p.

LABATE, C.A. Bioengenharia florestal evoluiu com apoio de empresas. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 120, jul./dez. 2005.

LEITE, N.B. Avanços da silvicultura brasileira são significativos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 120, jul./dez. 2005.

MACEDO, A.R.P.; VALENÇA, A.C. de V.; LEITE, E.T.; MATTOS, R.L.G. Papel e celulose. **BNDS Setorial**, Rio de Janeiro, ed. esp., p. 87-104, nov. 1997.

MÖLLERSTEN, K. **Opportunities for CO2 reductions and CO2-lean energy systems in pulp and paper mills**. Stockholm: Department of Chemical Engineering and Technology, Sep. 2002. Disponível em: <<http://media.lib.kth.se/dissengrefhit.asp?dissnr=3398>>. Acesso em: 19 dez. 2004.

MORAES, M.A.F.D. **A indústria de madeira preservada no Brasil**: um estudo de sua organização industrial. 1996. 154 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

OLIVEIRA, A.D. de. **Análise das possíveis mudanças comerciais e estruturais do mercado internacional de celulose**. 1995. 131 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

PARA empresários, Genolyptus consolida liderança do setor. Disponível em:

<http://www.mct.gov.br/comunicacao/textos/default.asp?cod_tipo=1&cod_texto=2004>. Acesso em: 2 mar. 2006.

PIZZOL, S.J.S.; BACHA, C.J.C. Comportamento dos preços recebidos pelo Brasil pela celulose exportada. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v. 12, n. 135, p. 8-9, jan. 1998a.

PIZZOL, S.J.S.; BACHA, C.J.C. Evolução, estrutura e desafios da indústria de celulose no Brasil. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v. 12, n. 137, p. 3-13, mar. 1998b.

RECYCLED pulp processes need understanding standards. Disponível em:

<http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3541/is_n5_v64/ai_8523332>. Acesso em: 12 ago. 2004.

RIBEIRO, A.R.B.M. **Abastecimento de madeira para a produção de celulose**: uma aplicação da economia dos custos de transação. 1998. 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

RIBEIRO, B.A.M. **Coordenação vertical do transporte de madeira**. 1998. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

RICHARDSON, D. Constant: market shares analysis of export growth. **Journal of International Economics**, Michigan, v. 1, n. 2, p. 227-239, 1971.

ROCHA, S.S. **Sustentabilidade na indústria brasileira de papel e celulose**: uma análise comparativa entre as empresas nacionais e transnacionais. 2006. 132 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2006.

SANJUAN, A.E.; BACHA, C.J.C. Avaliação da competitividade brasileira no mercado mundial de celulose. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 41., 2003, Juiz de Fora. **Anais...** Brasília: SOBER, 2003. p. 1-15.

SARAIVA, F.; PERECIN, A.; GARCIA, M.F.; CAPO, P. Projeto de expansão Ripasa I marca nova fase de crescimento do grupo. **O Papel**, São Paulo, v. 67, n. 3, p. 64-79, jul. 2003.

SAVASTANO, R.M. Negócio rentável: é assim que a área florestal do setor passa a ser tratada no século XXI, perdendo a posição de simples fonte de matéria-prima da celulose. **O Papel**, São Paulo, v. 67, n. 3, p. 54-61, ago. 2001.

SCHERER, F.M.; ROSS, D. **Industrial market structure and economic performance**. 3. ed. Boston: Houghton Mifflin Co., 1990. 270 p.

SEIXAS, F. Avanços tecnológicos e impasses na colheita florestal. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 83-86, jul./dez. 2005.

SILVA, M.J. da. Fusões começam a redesenhar a estrutura mundial do setor de celulose e papel. **Celulose e Papel**, São Paulo, v. 16, n. 67, p. 34, 2000.

SILVA, M.L. da. **Análise econométrica do mercado brasileiro de celulose e de papel e papelão**. 1996. 120 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 18 mar. 2006.

TECNOLOGIA de ponta na área ambiental. Disponível em: <http://www.aracruz.com.br/port/caso_tecnologia.htm>. Acesso em: 20 out. 2005.

TRENDS in world bleached chemical pulp production: 1990-2002. Disponível em: <http://www.aet.org/reports/market/aet_trends_2002.html>. Acesso em: 16 set. 2006.

VALENÇA, A.C.V. A indústria de máquinas e equipamentos para o setor de celulose e papel.

BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 14, p. 93-110, set. 2001. Disponível em:

<<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set1405.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2005.

VOTORANTIN CELULOSE E PAPEL - VCP. **Market pulp**. Disponível em: <<http://>

[http://www.vcp.com.br/NR/rdonlyres/696D07BF-E97D-4082-A9C1-](http://www.vcp.com.br/NR/rdonlyres/696D07BF-E97D-4082-A9C1-0A4894A90562/382/VCP1tri03port1.ppt)

[0A4894A90562/382/VCP1tri03port1.ppt](http://www.vcp.com.br/NR/rdonlyres/696D07BF-E97D-4082-A9C1-0A4894A90562/382/VCP1tri03port1.ppt)>. Acesso em: 16 mar. 2006.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário sobre as inovações tecnológicas no setor de celulose e papel na área de silvicultura e industrial

Prezado (a) senhor(a):

Estamos realizando uma dissertação, no programa de pós-graduação em Economia Aplicada da ESALQ-USP sobre inovações tecnológicas no setor de celulose e papel tanto na área de silvicultura como na industrial.

Considerando sua ampla e reconhecida experiência no setor, atestada pela indicação de seu nome por docentes da ESALQ, solicitamos sua colaboração no preenchimento do questionário abaixo sobre a avaliação das inovações tecnológicas que ocorreram na silvicultura e no processo industrial da celulose. Solicitamos que, para cada período (década de 80, década de 90 e anos 2000), classifique cada inovação como sendo pouco relevante, relevante ou muito relevante, apenas colocando um X em cada quadrado.

Peço que devolvam via e-mail o arquivo com suas respostas para o endereço aesanjua@esalq.usp.br

Ressaltamos que suas respostas serão confidenciais.

Etapas avaliadas		Década de 80			Década de 90			Anos 2000		
		Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante
Melhoramento genético	Tradicional									
	Biotecnologia									
Produção de mudas	Via sexuada (semente)									
	Via assexuada (clone)									
	Recipiente									
	Substrato									
Manejo Florestal	Controle mato-competição									
	Espaçamento									
	Preparo de solo									
	Técnicas de plantio									
	Adubação									
	Manutenção									
Proteção florestal (pragas e doenças)	Monitoramento									
	Técnicas de controle									
Controle de qualidade	Viveiro									
	Campo									
Mecanização	Implantação									
	Disponibilidade das máquinas									
	Produtividade ou capacidade das máquinas									
	Colheita									
	Impacto ao meio ambiente									
Sistemas computacionais										

Quadro 1 – Inovações tecnológicas na silvicultura

	Década de 80			Década de 90			Anos 2000		
	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante	Pouco Relevante	Relevante	Muito Relevante
Qualidade da Madeira (Integração Floresta-Indústria)									
Preparação da madeira									
Polpação									
Qualidade da polpa celulósica									
Branqueamento									
Tratamento de efluentes sólidos e líquidos									
Matriz energética									
Controle de emissões aéreas (Poluição do ar)									
Desenvolvimento de produtos									
Produção de papel									
Máquinas e equipamentos									
Biotecnologia industrial									
Genômica e OGMs									
Formação de recursos humanos									

Quadro 2 - Inovações tecnológicas na indústria

Etapas avaliadas		Década de 80			Década de 90			Anos 2000		
		Pouco relev. (%)	Relevante (%)	Muito relev. (%)	Pouco relev. (%)	Relevante (%)	Muito relev. (%)	Pouco relev. (%)	Relevante (%)	Muito relev. (%)
Melhoramento genético	Tradicional	5,26	26,32	68,42	0	73,68	2,32	36,84	42,11	21,05
	Biotecnologia	57,89	31,58	10,53	5,26	73,68	21,05	0	15,79	84,21
Produção de Mudas	Via sexuada (semente)	0	42,11	57,89	0	100	0	73,68	26,32	0
	Via assexuada (clone)	52,63	31,58	15,79	0	52,63	47,37	0	10,53	89,47
	Recipiente	10,53	47,37	42,11	5,26	78,95	15,79	57,89	26,32	15,79
	Substrato	5,26	63,16	31,58	5,26	78,95	15,79	47,37	36,84	15,79
Manejo Florestal	Controle mato-competição	10,53	78,95	10,53	5,26	52,63	42,11	10,53	36,84	52,63
	Espaçamento	15,79	52,63	31,58	15,79	57,89	26,32	21,05	63,16	15,79
	Preparo de solo	5,26	63,16	31,58	5,26	42,11	52,63	10,53	26,32	63,16
	Técnicas de plantio	5,26	84,21	10,53	5,26	31,58	63,16	10,53	36,84	52,63
	Adubação	5,26	73,68	21,05	5,26	47,37	47,37	5,26	26,32	68,42
	Manutenção	36,84	63,16	0,00	15,79	68,42	15,79	10,53	68,42	21,05
Proteção florestal (pragas e doenças)	Monitoramento	26,32	63,16	10,53	5,26	73,68	21,05	0,00	47,37	52,63
	Técnicas de controle	26,32	63,16	10,53	15,79	68,42	15,79	10,53	47,37	42,11
Controle de qualidade	Viveiro	42,11	42,11	15,79	5,26	68,42	26,32	15,79	31,58	52,63
	Campo	42,11	47,37	10,53	5,26	73,68	21,05	15,79	42,11	42,11
Mecanização	Implantação	36,84	63,16	0,00	5,26	84,21	10,53	10,53	42,11	47,37
	Disponibilidade das máquinas	68,42	26,32	5,26	21,05	42,11	36,84	15,79	36,84	47,37
	Produtividade ou capacidade das máqs.	63,16	26,32	10,53	15,79	36,84	47,37	5,26	47,37	47,37
	Colheita	31,58	63,16	5,26	0,00	47,37	52,63	0,00	26,32	73,68
	Impacto ao meio ambiente	84,21	15,79	0,00	5,26	89,47	5,26	0,00	21,05	78,95
Sistemas computacionais		78,95	21,05	0,00	5,26	63,16	31,58	5,26	21,05	73,68

Quadro 3 – Distribuição percentual das respostas sobre as inovações tecnológicas na silvicultura

	Década de 80			Década de 90			Anos 2000		
	Pouco relev. (%)	Relevante (%)	Muito relev. (%)	Pouco relev. (%)	Relevante (%)	Muito relev. (%)	Pouco relev. (%)	Relevante (%)	Muito relev. (%)
Qualidade da Madeira (Integração Floresta-Indústria)	33,33	53,33	13,33	0,00	73,33	26,67	0,00	26,67	73,33
Preparação da madeira	73,33	13,33	13,33	13,33	73,33	13,33	6,67	66,67	26,67
Polpação	26,67	53,33	20,00	0,00	53,33	46,67	13,33	20,00	66,67
Qualidade da polpa celulósica	13,33	73,33	13,33	0,00	80,00	20,00	0,00	57,14	42,86
Branqueamento	20,00	60,00	20,00	0,00	33,33	66,67	0,00	40,00	60,00
Tratamento de efluentes sólidos e líquidos	86,67	6,67	6,67	0,00	46,67	53,33	6,67	13,33	80,00
Matriz energética	26,67	46,67	26,67	13,33	66,67	20,00	26,67	13,33	60,00
Controle de emissões aéreas (Poluição do ar)	46,67	40,00	13,33	13,33	46,67	40,00	6,67	20,00	73,33
Desenvolvimento de produtos	33,33	60,00	6,67	13,33	53,33	33,33	0,00	40,00	60,00
Produção de papel	26,67	60,00	13,33	13,33	66,67	20,00	13,33	53,33	33,33
Máquinas e equipamentos	33,33	46,67	20,00	6,67	40,00	53,33	6,67	46,67	46,67
Biotecnologia industrial	66,67	20,00	13,33	46,67	26,67	26,67	26,67	26,67	46,67
Genômica e OGMs	80,00	20,00	0,00	26,67	66,67	6,67	0,00	13,33	86,67
Formação de recursos humanos	66,67	33,33	0,00	13,33	86,67	0,00	6,67	40,00	53,33

Quadro 4 – Distribuição percentual das respostas sobre as inovações tecnológicas na produção industrial de celulose

ANEXO B - Testes das equações da oferta e demanda de celulose para exportação

Os valores entre parênteses sob os coeficientes estimados referem-se à estatística t. Além disso:

a indica o coeficiente ser estaticamente significativo a 1%;

b indica o coeficiente ser estaticamente significativo a 5%;

c indica o coeficiente ser estaticamente significativo a 10%;

d indica o coeficiente ser estaticamente significativo a 20%;

ns indica o coeficiente ser estaticamente não significativo.

IC inconclusivo.

1) Utilizando valores nominais e as variáveis Y, PBR, CP, CI, PCON e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -1665741 + 1301,52 \cdot \text{PBR}_t + 1261,823 \cdot \text{CP}_t + 0,6309 \cdot \text{CI}_t$$

$(-2,95)^a$ $(-2,05)^c$ $(0,70)^{ns}$ $(19,44)^a$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9422 \quad n = 26 \quad F = 135,45^a \quad DW = 0,7928^b$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -2745982 - 10498,26 \cdot \text{PBR}_t + 10561,58 \cdot \text{PCON}_t + 0,1504 \cdot \text{DI}_t$$

$(-5,63)^a$ $(-3,61)^a$ $(3,00)^a$ $(3,00)^a$ $(16,82)^a$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9542 \quad n = 26 \quad F = 148,64^a \quad DW = 2,3571^{IC}$$

2) Utilizando valores nominais e as variáveis Y, PBR, CP, CI, exportação defasada Y_{t-1} , PCON e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -844895 - 1046,59 \cdot \text{PBR}_t + 1098,98 \cdot \text{CP}_t + 0,3045 \cdot \text{CI}_t + 0,6094 \cdot Y_{t-1}$$

$$(-1,96)^c \quad (-2,05)^b \quad (0,84)^{ns} \quad (3,87)^a \quad (4,48)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9713 \quad n = 25 \quad F = 203,70^a \quad h = 0,044^b$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -2897735 - 11576,24 \cdot \text{PBR}_t + 11852,89 \cdot \text{PCON}_t + 0,1501 \cdot \text{DI}_t$$

$$(-6,03)^a \quad (-3,61)^a \quad (4,12)^a \quad (16,12)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9427 \quad n = 26 \quad F = 133,63^a \quad \text{DW} = 2,4601^{ns}$$

3) Utilizando valores nominais e logaritmos neperianos na situação anterior:

Oferta de celulose

$$\ln Y_{t-1} = -844895 - 0,2952568 \cdot \ln \text{PBR}_t + 0,1854 \cdot \ln \text{CP}_t + 1,1625 \cdot \ln \text{CI}_t + 0,4109 \cdot \ln Y_{t-1}$$

$$(-5,08)^a \quad (-3,42)^a \quad (1,46)^d \quad (5,67)^a \quad (3,62)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9797 \quad n = 25 \quad F = 290,53^a \quad h = -1,55^b$$

Demanda de celulose

$$\ln Y_t = 20,9797 - 2,6094 \cdot \ln \text{PBR}_t + 2,6663 \cdot \ln \text{PCON}_t + 2,0073 \cdot \ln \text{DI}_t$$

$$(-7,79)^a \quad (-3,55)^a \quad (2,87)^a \quad (13,02)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9032 \quad n = 25 \quad F = 80,43^a \quad \text{DW} = 1,4963^{IC}$$

4) Utilizando as variáveis PBR e CP deflacionados pelo IPA-EUA (base 1995=100) e as variáveis CI, Y_{t-1} , PCON e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -937876,3 - 848,3155 \cdot \text{PBR}_t + 1188,474 \cdot \text{CP}_t + 0,3016 \cdot \text{CI}_t + 0,61449 \cdot Y_{t-1}$$

$$(-1,57)^d \quad (-2,03)^c \quad (0,99)^{ns} \quad (3,69)^a \quad (4,43)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9702 \quad n = 25 \quad F = 196,10^a \quad h \text{ indeterminado}$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -3350557 - 10406,39 \cdot \text{PBR}_t + 10655,02 \cdot \text{PCON}_t + 0,1658 \cdot \text{DI}_t$$

$$(-4,33)^a \quad (-4,28)^a \quad (15,45)^a \quad (3,51)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9397 \quad n = 25 \quad F = 126,21^a \quad \text{DW} = 2,3008^{IC}$$

5) Utilizando valores nominais e logaritmos neperianos na situação anterior:

Oferta de celulose

$$\ln Y_t = -8,9045 - 0,2952 \cdot \ln \text{PBR}_t + 0,1854 \cdot \ln \text{CP}_t + 1,1625 \cdot \ln \text{CI}_t + 0,4109 \cdot \ln Y_{t-1}$$

$$(-5,08)^a \quad (-3,42)^a \quad (1,46)^d \quad (5,67)^a \quad (3,62)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9797 \quad n = 25 \quad F = 290,53^a \quad h = -1,55^b$$

Demanda de celulose

$$\ln Y_t = 20,9797 - 2,6094 \cdot \ln \text{PBR}_t + 2,6663 \cdot \ln \text{PCON}_t + 2,0073 \cdot \ln \text{DI}_t$$

$$(-7,79)^a \quad (-3,55)^a \quad (2,87)^a \quad (13,02)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9032 \quad n = 25 \quad F = 80,43^a \quad \text{DW} = 1,4963^{IC}$$

6) Utilizando as variáveis PBR e CP deflacionados pelo IPC-EUA (base 1995=100) e as variáveis CI, Y_{t-1} , PCON e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -1370356 - 586,8863 \cdot \text{PBR}_t + 1493,894 \cdot \text{CP}_t + 0,3354 \cdot \text{CI}_t + 0,6015 \cdot Y_{t-1}$$

$$(-2,10)^b \quad (-1,53)^d \quad (1,77)^c \quad (3,59)^a \quad (4,29)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9698 \quad n = 25 \quad F = 193,29^a \quad h = 0,4591^b$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -3484778 - 8147,79 \cdot \text{PBR}_t + 8258,105 \cdot \text{PCON}_t + 0,1749 \cdot \text{DI}_t$$

$$(-4,65)^a \quad (-5,07)^a \quad (4,34)^a \quad (13,24)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9440 \quad n = 25 \quad F = 135,75^a \quad DW = 2,1072^{ns}$$

7) Utilizando logaritmos neperianos na situação anterior:

Oferta de celulose

$$\ln Y_t = -8,1956 - 0,2893 \cdot \ln \text{PBR}_t + 0,2176 \cdot \ln \text{CP}_t + 1,0938 \cdot \ln \text{CI}_t + 0,4224 \cdot \ln Y_{t-1}$$

$$(-3,01)^a \quad (-3,16)^a \quad (1,80)^c \quad (5,16)^a \quad (3,72)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9793 \quad n = 25 \quad F = 284,65^a \quad h = 1,50^b$$

Demanda de celulose

$$\ln Y_t = -21,0211 - 2,4082 \cdot \ln \text{PBR}_t + 2,4299 \cdot \ln \text{PCON}_t + 2,0406 \cdot \ln \text{DI}_t$$

$$(-7,79)^a \quad (-3,55)^a \quad (2,87)^a \quad (13,02)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9120 \quad n = 25 \quad F = 88,30^a \quad DW = 1,5388^{IC}$$

8) Utilizando valores nominais e as variáveis Y, PBR, CP, CI e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -1649635 - 1368,201 \cdot \text{PBR}_t + 1313,283 \cdot \text{CP}_t + 0,6308 \cdot \text{CI}_t$$

$$(-2,73)^b \quad (-1,23)^{ns} \quad (0,68)^{ns} \quad (19,49)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9426 \quad n = 26 \quad F = 135,57^a \quad DW = 0,8100^b$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -1228244 - 0,3053 \cdot \text{PBR}_t + 0,1622 \cdot \text{DI}_t$$

$$(-1,98)^c \quad (-2,52)^b \quad (15,75)^a$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9128 \quad n = 26 \quad F = 130,07^a \quad DW = 1,2173^{IC}$$

9) Utilizando valores nominais e as variáveis Y, PBR, CP, CI, DI e exportação defasada Y_{t-1} :

Oferta de celulose

$$Y_t = -709126,6 - 2052,162 \cdot PBR_t + 1875,311 \cdot CP_t + 0,3422407 \cdot CI_t + 0,5356 \cdot Y_{t-1}$$

$(-1,50)^d$ $(-2,75)^b$ $(1,28)^{ns}$ $(3,91)^a$ $(3,52)^a$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9667 \quad n = 25 \quad F = 175,94^a \quad h = 0,1096^b$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -836951,6 - 4047,598 \cdot PBR_t + 0,1631742 \cdot DI_{t-1}$$

$(-1,34)^d$ $(-3,56)^a$ $(13,79)^a$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9472 \quad n = 25 \quad F = 126,21^a \quad DW = 1,4493^{ns}$$

10) Utilizando valores nominais e as variáveis Y, PBR, CP, exportação defasada Y (-1) e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -512942,5 + 1437,775 \cdot PBR_t - 748,1162 \cdot CP_t + 1,1371211 Y_{t-1}$$

$(-0,71)^{ns}$ $(0,93)^{ns}$ $(-0,30)^d$ $(15,69)^a$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9140 \quad n = 25 \quad F = 88,95^a \quad h \text{ indeterminado}$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -855910,8 - 4005,646 \cdot PBR_t + 0,1632 \cdot DI_t$$

$(-1,17)^a$ $(-2,81)^a$ $(13,84)^a$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9026 \quad n = 25 \quad F = 103,71^a \quad DW = 1,4426^{IC}$$

11) Utilizando valores nominais e logaritmos neperianos na situação anterior:

Oferta de celulose

$$\ln Y_t = -2,7132 + 0,3966403 \cdot \ln \text{PBR}_t - 0,047704 \cdot \ln \text{CP}_t + 1,0457 \cdot \ln Y_{t-1}$$

$$\begin{matrix} (-1,17)^{ns} & (1,34)^d & (0,16)^{ns} & (14,92)^a \end{matrix}$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,8998 \quad n = 25 \quad F = 76,56^a \quad h = 0,1518^b$$

Demanda de celulose

$$\ln Y_t = -18,6559 - 0,6895 \cdot \ln \text{PBR}_t + 2,17034 \cdot \ln \text{DI}_t$$

$$\begin{matrix} (-7,89)^a & (-3,20)^a & (18,07)^a \end{matrix}$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9329 \quad n = 25 \quad F = 165,50^a \quad \text{DW} = 1,2599^{IC}$$

12) Utilizando valores nominais e as variáveis Y, PBR, CP, CI, TC, PCON e DI:

Oferta de celulose

$$Y_t = -4933121 - 489,3586 \cdot \text{PBR}_t + 4444,458 \cdot \text{CP}_t + 0,7796 \cdot \text{CI}_t + 392461,8 \cdot \text{TC}$$

$$\begin{matrix} (-5,05)^a & (-0,84)^{ns} & (2,76)^b & (16,80)^{as} & (3,86)^a \end{matrix}$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9639 \quad n = 26 \quad F = 167,86^a \quad \text{DW} = 1,4959^{IC}$$

Demanda de celulose

$$Y_t = -2864082 - 11709,41 \cdot \text{PBR}_t + 11998,38 \cdot \text{PCON}_t + 0,1487 \cdot \text{DI}_t$$

$$\begin{matrix} (-6,08)^a & (-5,09)^a & (4,25)^a & (16,72)^a \end{matrix}$$

$$R^2_{\text{ajust.}} = 0,9435 \quad n = 26 \quad F = 141,50^a \quad \text{DW} = 2,4601^{ns}$$