

GIÁCOMA FRASSON MANHÃES

**ELASTICIDADE DE SUBSTITUIÇÃO: CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE  
DE COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CELULOSE**

São Paulo

2011

GIÁCOMA FRASSON MANHÃES

**ELASTICIDADE DE SUBSTITUIÇÃO: CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE  
DE COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE CELULOSE**

Tese apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do título de Doutor em Engenharia

Área de Concentração:  
Engenharia Química

Orientador:  
Prof. Dr. Song Won Park

São Paulo  
2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Manhães, Giácoma Frasson**

**Elasticidade de substituição: contribuição à análise de competitividade da indústria brasileira de celulose / G.F. Manhães. -- São Paulo, 2011.**

**145 p.**

**Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química.**

**1. Inovação tecnológica 2. Organização industrial 3. Celulose I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Química II. t.**

## AGRADECIMENTOS

Ao longo de minha trajetória pessoal e profissional, tive a sorte de conhecer pessoas fantásticas. Muitas delas em fábricas de celulose. Outras na faculdade. Algumas até pela internet! Seria injusto não reconhecer a motivação que recebi de cada amigo, colega ou conhecido cujos olhos brilharam de sinceridade ao me desejar uma boa jornada de doutoramento. Nunca com essas palavras, é verdade. Mas com essa intenção. Seria impossível nomeá-los todos, mas fica aqui registrado o meu agradecimento a todos vocês!

Outras pessoas fantásticas me deram oportunidades. Entre estas, destaco o Dr. Ergilio Claudio-da-Silva, Jr., da Aracruz; o Sr. Alberto Lima e o Sr. Harald Hörschläger, da Klabin Bacell; o Sr. Jorge Henriques e o Sr. Sérgio Amoroso, do Grupo Orsa. Também da Orsa, os queridos Patrick Nogueira e Ana Vianna.

Da academia, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Song Park, pelo voto de confiança. Muito obrigada! Ao Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz, que provavelmente nem sabe o quanto me inspirou. Ao Prof. Dr. Afonso Fleury, pelo compromisso com o ensino. Ao Prof. Dr. Marcelo Seckler, pela atenção que dedicou ao texto de meu exame de qualificação.

Agradeço especialmente ao Sr. Roger Wright e ao Sr. Oliver Lansdell, da Hawkins Wright Ltd., pelos relatórios e dados de mercado cedidos para este trabalho.

Agradeço aos meus colegas Ísis e Daniel, pelo companheirismo nos momentos difíceis na USP.

Agradeço ao Alexandre, por me quebrar tantos galhos na secretaria da pós.

Agradeço aos meus grandes amigos Luiz Otávio, Rosa, Cíntia, Renata, Patrícia e Aline, pela força constante.

A minha mãe, Emilia, agradeço pelo exemplo, incentivo e amizade.

Finalmente, agradeço ao meu marido, Glauco, pelo apoio e compreensão, pelo carinho, por me fazer feliz.

*All of science is nothing more than the  
refinement of everyday thinking.*  
(Albert Einstein)

## RESUMO

O setor brasileiro de celulose é um importante pilar da economia nacional. Só em 2010 a exportação de celulose trouxe para o País US\$ 4,7 bilhões. Dada a sua importância, este setor já foi alvo de vários estudos de competitividade. No entanto, a mudança no cenário concorrencial global, marcada pela entrada de novos agentes, requer uma avaliação da posição competitiva do Brasil frente aos concorrentes emergentes. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo identificar os novos players, descrever a dinâmica concorrencial nos principais mercados, propor ferramentas adequadas para avaliar os resultados dos países exportadores de celulose de fibra curta, e explicar as razões de liderança entre os países exportadores. A fim de mensurar os resultados dos países fornecedores, foi empregada uma função de subcusto translog restrita para obtenção da elasticidade de substituição entre as polpas de fibra curta dos principais países exportadores. Para essa análise foram considerados, separadamente, os mercados americano e chinês. Os resultados obtidos foram analisados levando-se em conta aspectos técnicos da polpas de fibra curta, com foco na morfologia das fibras, e também o histórico de formação dos setores de celulose no Brasil, na Indonésia (fornecedor emergente, principal fornecedor de celulose de fibra curta para a China) e no Canadá (fornecedor tradicional de celulose, principal concorrente do Brasil nos Estados Unidos). Foram também avaliadas as barreiras de mercado à polpa indonésia a partir do testemunho de funcionários e dirigentes de fábricas de papel na América do Norte, Europa e Ásia. As observações feitas sobre a organização setorial e tecnológica dos concorrentes foram comparadas aos modelos correntes de *catch up* tecnológico a fim de se identificar comportamentos que contribuam para a extensão da teoria nesta área. Os resultados do trabalho indicam que a competitividade brasileira no setor de celulose se apoia na produtividade florestal, resultado da acumulação de competências tecnológicas relacionadas ao eucalipto. Isso garante a competitividade brasileira frente aos concorrentes tradicionais. Frente à polpa indonésia, que vem acumulando competências tecnológicas relacionadas à acácia, a polpa brasileira é competitiva hoje. A manutenção da competitividade da polpa brasileira frente à indonésia no futuro dependerá da intensidade de investimentos em inovação feitos por ambos os países.

## ABSTRACT

Pulp industry is a mainstay of Brazilian economy. In 2010, Brazilian pulp exports totaled US\$ 4.7 billion. Given its importance, this industry has been the focus of several studies on competitiveness. However, the change in the competitive global scenario, marked by the entry of new players, requires an assessment of Brazil's competitive position towards emerging competitors. In this context, this work aimed to identify new players, to describe the dynamics of competition in key markets, to propose appropriate tools to assess the performance of hardwood pulp exporting countries, and explain the reasons for leadership among the exporting countries. In order to measure the supplier countries results, a restricted translog subcost function was applied to obtain the elasticity of substitution between hardwood pulp from the main exporters. This analysis was performed for both the U.S. and Chinese markets. Results were evaluated considering technical features of hardwood pulp, especially fiber morphology, and also a historic appraisal of pulp industry establishment in Brazil, Indonesia (emerging supplier, main hardwood pulp supplier to China) and in Canada (traditional pulp supplier, Brazil's main competitor in the U.S.). Market barriers to the entry of Indonesian pulp were also assessed based on the personal testimony of employees and executives of paper mills in North America, Europe and Asia. Observations on the competitor's industry and technology setup were compared to current models of technological catch up in order to identify behaviors or patterns that contribute to the extension of the theory in this area. The results of this study indicate that the competitiveness of the Brazilian pulp industry is based on forest productivity, which result from the accumulation of technological capabilities related to eucalyptus. This ensures Brazilian competitiveness against traditional competitors. Compared to the Indonesian pulp industry, which has been accumulating technological capabilities related to acacia, the Brazilian pulp is currently competitive. Maintaining the competitiveness of Brazilian pulp against the Indonesian in the future will depend on the intensity of innovation investments made by both countries.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Competitividade: visão da demanda e visão da oferta .....	4
Figura 2. Esquema simplificado do processo kraft .....	19
Figura 3. Evolução da capacidade nominal dos digestores contínuos de polpação kraft .....	20
Figura 4. Comparação das componentes do custo de produção de polpa kraft de folhosas por região de origem da fibra.....	22
Figura 5. Tipologia de catch-up tecnológico de Lee e Lim.....	28
Figura 6. Determinantes da competitividade nacional .....	29
Figura 7. Ilustração da isoquanta dos fatores i e j em três diferentes condições de elasticidade de substituição .....	33
Figura 8. Capacitação para inovação do setor brasileiro de celulose e papel .....	44
Figura 9. Características morfológicas das fibras em diferentes espécies de folhosas usadas na produção de celulose .....	51
Figura 10. Índice de concentração para o comércio global de polpa virgem e fibra secundária.....	63
Figura 11. Índice de mudança estrutural para o comércio global de polpa virgem e fibra secundária .....	65
Figura 12. Histórico de produção de celulose química por país .....	66
Figura 13. Evolução histórica do total de celulose química exportado por país – países que exportaram acima de 2 milhões de toneladas em 2008.....	67
Figura 14. Evolução histórica do total de polpa kraft branqueada importada por país, países que importaram acima de 1 milhão de toneladas em 2008.....	68
Figura 15. Principais mercados importadores de polpa kraft branqueada em 2008, 1998, 1988, 1978 e 1968 .....	68
Figura 16. Evolução da demanda interna por polpa kraft branqueada em países que demandaram acima de 1,5 milhões de toneladas em 2008 .....	70
Figura 17. Evolução das importações líquidas de polpa kraft branqueada nos principais países importadores e exportadores.....	70
Figura 18. Evolução das importações de celulose da Indonésia, do Brasil e de outros países pela China, a partir de dados da FAO, 2010.....	72



Figura 19. Evolução das importações de celulose da Indonésia, do Brasil e de outros países pelos Estados Unidos, a partir de dados da FAO, 2010 .....	73
Figura 20. Evolução das importações de celulose da Indonésia, do Brasil e de outros países pela Alemanha, a partir de dados da FAO (2010) .....	74
Figura 21. Comparação entre a participação real do Brasil no mercado americano de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog .....	77
Figura 22. Comparação entre a participação real do Canadá no mercado americano de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog .....	78
Figura 23. Participação de Brasil, Canadá e outros países no mercado americano de BHKP .....	80
Figura 24. Histórico de preços constantes de BHKP brasileira e canadense no mercado americano .....	80
Figura 25. Comparação entre a participação real do Brasil no mercado chinês de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog .....	85
Figura 26. Comparação entre a participação real da Indonésia no mercado chinês de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog .....	86
Figura 27. Comparação entre a participação real de outros países (que não Brasil e Indonésia) no mercado chinês de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog .....	86
Figura 28. Histórico de preços constantes de BHKP no mercado chinês. ....	90
Figura 29. Participação de Brasil, Indonésia e outros países no mercado chinês de BHKP, expressa como média móvel de 12 meses.....	90
Figura 30. Evolução da elasticidade de substituição de Morishima para o par Brasil/Indonésia no mercado chinês de BHKP.....	92
Figura 31. Evolução da elasticidade de substituição de Morishima para o par Indonésia/outros países no mercado chinês de BHKP .....	92
Figura 32. Evolução da elasticidade de substituição de Morishima para o par Brasil/outros países no mercado chinês de BHKP .....	95
Figura 33. Custo-caixa unitário de produção de BHKP por país.....	96
Figura 34. Custo-caixa unitário de produção de BHKP por país.....	97
Figura 35. Evolução do gap de custos de produção de BHKP entre países do Hemisfério Norte e Hemisfério Sul, de 2001 para 2008 .....	98

Figura 36. Composição dos custos de produção de BHKP nos Hemisférios Sul e Norte.....	99
Figura 37. Evolução da demanda por papel imprensa pelos Estados Unidos de 2005 a 2010 .....	106
Figura 38. Comparação do incremento médio anual de espécies de fibra curta usadas para produção de celulose em diferentes países em 2008.....	107
Figura 39. Representação esquemática do fluxo de pesquisa e desenvolvimento no sistema setorial de inovação canadense .....	109
Figura 40. Representação esquemática do fluxo de pesquisa e desenvolvimento no sistema setorial de inovação brasileiro .....	110
Figura 41. Evolução do incremento médio anual do volume de Eucalipto (fibra curta) e de Pinus (fibra longa) por área. Média dos plantios comerciais no Brasil...	110
Figura 42. Evolução da produtividade da área plantada em produção de celulose de eucalipto. Resultados da unidade capixaba da Fibria em 2007 .....	111
Figura 43. Comparação entre a participação real do Brasil no mercado americano de BHKP e a participação estimada por Tang et al.....	133
Figura 44. Comparação entre a participação real do Canadá no mercado americano de BHKP e a participação estimada por Tang et al.....	133
Figura 45. Comparação entre a participação real de outros países (que não Brasil e Canadá) no mercado americano de BHKP e a participação estimada por Tang et al.....	134
Figura 46. Comparação entre aderência de modelo de Tang et al. e aderência do modelo obtido neste trabalho para a participação de Brasil, Canadá e outros países no mercado americano de BHKP .....	134

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Balança comercial do setor de celulose e papel, em milhões de dólares FOB (BRACELPA, 2010) .....	2
Tabela 2. Trajetórias tecnológicas setoriais: determinantes, direções e características mensuradas .....	25
Tabela 3. Aspectos positivos e negativos dos fatores determinantes da competitividade do setor brasileiro de celulose de mercado no início dos anos 1990 .....	38
Tabela 4. Origem de polpas feitas a partir de espécie única, atributos e principais aplicações .....	54
Tabela 5. Número de fábricas de papel visitadas, por país e tipo de papel .....	60
Tabela 6. Estatística descritiva para o mercado americano de BHKP, por origem da polpa.....	75
Tabela 7. Estimativas dos coeficientes da função de custo translog para a polpa de fibra curta no mercado americano, proveniente do Brasil, Canadá e outros países.....	76
Tabela 8. Elasticidade-preço direta para BHKP do Brasil ( $\epsilon_{BB}$ ), do Canadá ( $\epsilon_{CC}$ ) e de outros países ( $\epsilon_{OO}$ ) no mercado americano .....	79
Tabela 9. Elasticidade-preço cruzada para BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado americano.....	81
Tabela 10. Ilustração do efeito das elasticidades-preço no mercado americano de BHKP.....	82
Tabela 11. Elasticidade de substituição ( $M_{ij}$ ) entre BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado americano.....	82
Tabela 12. Estatística descritiva para o mercado chinês de BHKP, por origem da polpa.....	83
Tabela 13. Estimativas dos coeficientes da função de custo translog para a polpa de fibra curta no mercado chinês, proveniente do Brasil, Indonésia e outros países.....	84
Tabela 14. Elasticidade-preço direta para BHKP do Brasil ( $\epsilon_{BB}$ ), da Indonésia ( $\epsilon_{II}$ ) e de outros países ( $\epsilon_{OO}$ ) no mercado chinês.....	87

Tabela 15. Elasticidade-preço cruzada para BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado chinês .....	88
Tabela 16. Ilustração do efeito das elasticidades-preço no mercado chinês de BHKP.....	89
Tabela 17. Elasticidade de substituição ( $M_{ij}$ ) entre BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado chinês .....	91
Tabela 18. Evolução do "gap" de custo-caixa de produção de BHKP por região em US\$/t.....	98
Tabela 19. Taxas de câmbio usadas na cálculo de custo médio de produção de BHKP.....	98
Tabela 20. Capacidade brasileira de BHKP de mercado por planta, 2010 .....	100
Tabela 21. Capacidade indonésia de BHKP de mercado por planta, 2010 .....	102
Tabela 22. Capacidade de BHKP de mercado no Canadá, '000t/a .....	105
Tabela 23. Sumário dos resultados do Brasil nos mercados de BHKP dos Estados Unidos e da China, mensurados através da análise de elasticidade-preço da demanda e de elasticidade de substituição .....	113

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Objetivos e questões de pesquisa .....	6
2.1	Objetivos gerais .....	6
2.2	Objetivos específicos .....	6
2.3	Premissas .....	6
2.4	Questões de pesquisa .....	6
2.5	Contribuições do trabalho .....	7
2.6	Estrutura da tese.....	7
3	Revisão bibliográfica.....	9
3.1	Perspectiva Histórica da Indústria de Celulose .....	9
3.1.1	Evolução dos Processos de Produção de Celulose.....	9
3.1.2	Polpação mecânica .....	10
3.1.3	Polpação química .....	12
3.1.3.1	Princípios básicos do processo kraft .....	15
3.1.3.2	Evolução tecnológica dos processos de produção de polpa kraft... ..	19
3.2	Sistemas de inovação e capacitações tecnológicas .....	23
3.3	Do conceito de competitividade.....	28
3.4	Elasticidade de substituição e elasticidade-preço da demanda.....	33
3.5	Função de produção translog.....	36
3.6	Estudos da competitividade da indústria brasileira de celulose .....	37
3.7	Formação e evolução dos sistemas setoriais de celulose .....	41
3.7.1	Sistema setorial de celulose no Brasil .....	41
3.7.2	Sistema setorial de celulose na Indonésia .....	45
3.7.3	Sistema setorial de celulose no Canadá.....	46
3.8	Aspectos morfológicos das fibras .....	49

4	Métodos .....	55
4.1	Recorte analítico .....	55
4.2	Bancos de dados .....	56
4.2.1	Caracterização do mercado.....	57
4.2.2	Análise de elasticidade: China.....	58
4.2.3	Análise de elasticidade: Estados Unidos .....	58
4.3	Índice de concentração e de mudança estrutural .....	58
4.4	Visitas técnicas .....	59
4.5	Aplicação da função de subcusto translog e análise de elasticidade.....	61
4.6	Estimativa dos coeficientes da função de subcusto translog .....	61
5	Resultados e discussão .....	63
5.1	Caracterização do mercado .....	63
5.2	Brasil e Indonésia: participações nos principais mercados de celulose.....	71
5.3	Análise de elasticidade de substituição no mercado americano .....	75
5.3.1	Estatística descritiva .....	75
5.3.2	Determinação dos coeficientes.....	76
5.3.3	Elasticidade-preço e elasticidade de substituição no mercado americano .....	78
5.4	Análise de elasticidade de substituição no mercado chinês .....	83
5.4.1	Estatística descritiva.....	83
5.4.2	Determinação dos coeficientes.....	83
5.4.3	Elasticidade-preço e elasticidade de substituição no mercado chinês ..	87
5.5	Dos setores fornecedores de celulose de mercado.....	96
5.5.1	Custos de produção de BHKP .....	96
5.5.2	Configuração atual dos setores brasileiro, indonésio e canadense.....	99
5.5.2.1	Principais produtores de BHKP de mercado no Brasil.....	99
5.5.2.2	Principais produtores de BHKP de mercado na Indonésia .....	102

5.5.2.3	Principais produtores de BHKP de mercado no Canadá .....	103
5.5.2.4	Sistemas de inovação brasileiro e canadense.....	108
5.6	Discussão dos resultados .....	111
5.7	Respostas às questões de pesquisa .....	115
6	Conclusões .....	117
6.1	Considerações gerais .....	117
6.2	Limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros.....	119
	REFERÊNCIAS .....	121
	GLOSSÁRIO.....	129
	APÊNDICE A - Especificação do sistema de equações no software eViews .....	130
	APÊNDICE B - Dados de participação e preço no mercado de BHKP dos Estados Unidos, segundo a origem da polpa.....	131
	APÊNDICE C - Verificação de aderência das participações reais e estimadas pela literatura no mercado americano de BHKP .....	133
	APÊNDICE D - Elasticidade-preço de demanda direta e cruzada para BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado americano .....	135
	APÊNDICE E - Elasticidade de substituição de Allen e de Morishima para BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado americano .....	137
	APÊNDICE F - Dados de participação e preço no mercado de BHKP da China, segundo a origem da polpa.....	139
	APÊNDICE G - Elasticidade-preço de demanda direta e cruzada para BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado chinês.....	141
	APÊNDICE H - Elasticidade de substituição de Allen e de Morishima para BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado chinês.....	143
	APÊNDICE I – Arcabouço usado para classificação dos níveis de capacitação para a inovação .....	145

## 1 INTRODUÇÃO

O propósito principal deste trabalho é caracterizar a indústria brasileira de celulose e entender os aspectos críticos que afetam a inserção desse setor no mercado mundial de celulose. A pergunta que nos propomos a responder é *“Quais são os principais concorrentes da indústria brasileira de celulose no mercado global e qual a sua competitividade frente a estes concorrentes?”*.

Para responder essa pergunta usaremos as análises de elasticidade-preço da demanda e elasticidade de substituição de Morishima, e avaliaremos seus resultados à luz dos atributos técnicos da polpa de celulose, bem como da tecnologia disponível e em operação nessa indústria, através de uma abordagem evolucionista da formação do setor brasileiro de celulose e dos principais concorrentes identificados.

A elasticidade-preço da demanda dá informações sobre a resposta do mercado, em termos de demanda, frente a uma alteração do preço de um bem (elasticidade-preço direta) ou a uma alteração do preço de um bem concorrente (elasticidade-preço cruzada). A elasticidade de substituição mede a facilidade com que se pode substituir um bem por outro – elasticidade de substituição negativa indica que os produtos não se substituem, mas se complementam. O modelo de Morishima foi desenvolvido para dar conta do caso mais geral, quando há mais de dois bens envolvidos no processo de substituição<sup>1</sup>.

A indústria de celulose é, hoje, um importante pilar da economia nacional. Tal importância é retratada por números e fatos que por si sós justificam o interesse pelo setor, como veremos a seguir.

---

<sup>1</sup> Por ser assimétrico, o modelo de Morishima tem sido considerado superior a outros modelos desenvolvidos para analisar a elasticidade de substituição de mais de um bem. Uma boa revisão dos diferentes modelos de elasticidade de substituição foi feita por David Stern, e pode ser encontrada em <http://www.economics.rpi.edu/workingpapers/rpi0403.pdf>.



O agregado setorial de celulose no Brasil, segundo a definição de Malerba<sup>2</sup>, compreende o setor florestal que abastece as fábricas de celulose, as fábricas de celulose e de papel, os representantes comerciais destes produtos, bem como os fornecedores de equipamento e tecnologia para este setor. Se considerarmos somente as empresas produtivas deste agregado setorial – ou seja, desconsiderando-se representantes comerciais e fornecedores cujas atividades podem envolver outros agregados setoriais – temos um conjunto de 220 empresas no País. Estas empresas encontram-se espalhadas em 450 municípios localizados em 17 estados, nas 5 regiões do Brasil.

Em 2009, o setor de celulose e papel empregou diretamente 115 mil pessoas, das quais 68 mil em atividades industriais e 47 mil em atividades florestais, além de gerar cerca de 500 mil empregos indiretos. O impacto socioeconômico do setor também se reflete em suas atividades florestais, que envolvem cerca de 2 milhões de hectares de área plantada para fins industriais, além de 2,9 milhões de hectares de florestas preservadas (BRACELPA, 2010).

De acordo com a Associação Brasileira de Celulose e Papel, BRACELPA, os impostos pagos diretamente pelas empresas do setor superaram R\$ 2 bilhões por ano, entre tributos municipais, estaduais e federais, e o saldo das exportações superaram R\$ 4 bilhões em 2010 (Tabela 1).

**Tabela 1. Balança comercial do setor de celulose e papel, em milhões de dólares FOB (BRACELPA, 2010).**

	2008	2009	2010
Exportação*	5.837	5.001	6.770
• celulose	3.917	3.315	4.762
• papel	1.920	1.686	2.008
Importação*	1.711	1.339	1.899
• celulose	274	242	360
• papel	1.437	1.097	1.539
Saldo	4.126	3.662	4.871
• celulose	3.643	3.073	4.402
• papel	483	589	469

\*Fonte: SECEX

<sup>2</sup>Malerba define um sistema setorial como um conjunto de produtos e agentes que interagem para a criação, produção e venda de tais produtos. MALERBA, F. 2002. Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247-264.

Em função de sua importância para a economia do País, o setor brasileiro de celulose já foi objeto de vários estudos anteriores, como veremos na revisão bibliográfica. A maior parte destes estudos analisa a competitividade do setor brasileiro de celulose a partir de avaliações endógenas, ou ainda por comparação qualitativa com os líderes históricos deste setor no mercado global. Tais estudos, embora lancem luzes sobre o setor, ainda não abordaram adequadamente dois aspectos relevantes no que tange o ambiente concorrencial dessa indústria.

Primeiro, nota-se que destas análises emergem, como alicerces de competitividade do Brasil, baixo custo de materiais em função do clima favorável ao crescimento de árvores, com abundância de água, sol e solo fértil; e baixo custo de mão de obra. Estendendo a uma indústria o conceito elaborado por Dunning em seu paradigma eclético<sup>3</sup> para explicar a internacionalização de firmas, tais vantagens podem ser classificadas como *vantagens comparativas de localização* (Dunning, 1980). Como os “líderes históricos” no mercado internacional de celulose encontram-se no Hemisfério Norte, as vantagens de localização mencionadas favorecem o Brasil e dificultam uma análise imparcial dos possíveis ganhos de competitividade do setor brasileiro em função de vantagens tecnológicas.

No entanto, outros países do Hemisfério Sul têm sido alvo de investimentos diretos importantes no setor de celulose e papel. Com a emergência desses países no mercado competitivo global, notadamente Indonésia, faz-se necessária uma avaliação objetiva da competitividade da indústria brasileira nesse setor frente a este novo cenário.

Um segundo ponto diz respeito ao foco da análise de competitividade. Se por um lado existem vários estudos que tratam das *determinantes* da competitividade da indústria brasileira de celulose, como veremos na revisão bibliográfica, por outro lado ainda há poucos esforços na literatura para a mensuração adequada dos *resultados* obtidos, usualmente expressos como capacidade de produção ou total de

---

<sup>3</sup>O chamado “paradigma eclético de Dunning” é uma das teorias econômicas de internacionalização de empresas, segundo a qual há três fatores que influenciam o sucesso da internacionalização, além da própria estrutura organizacional: vantagens de propriedade (técnicas de produção, marca, escala, etc.), vantagens de localização (disponibilidade de matéria-prima, baixos salários, incentivos fiscais, etc.) e vantagens de internalização (arranjos em parceria, joint-ventures – vantagens relacionadas à redução de custos de transação). O paradigma eclético de Dunning é também conhecido como modelo OLI (Ownership, Location, Internalisation).

exportações. Ilustramos a relação entre os *fatores determinantes* da competitividade e seus *resultados* na Figura 1.

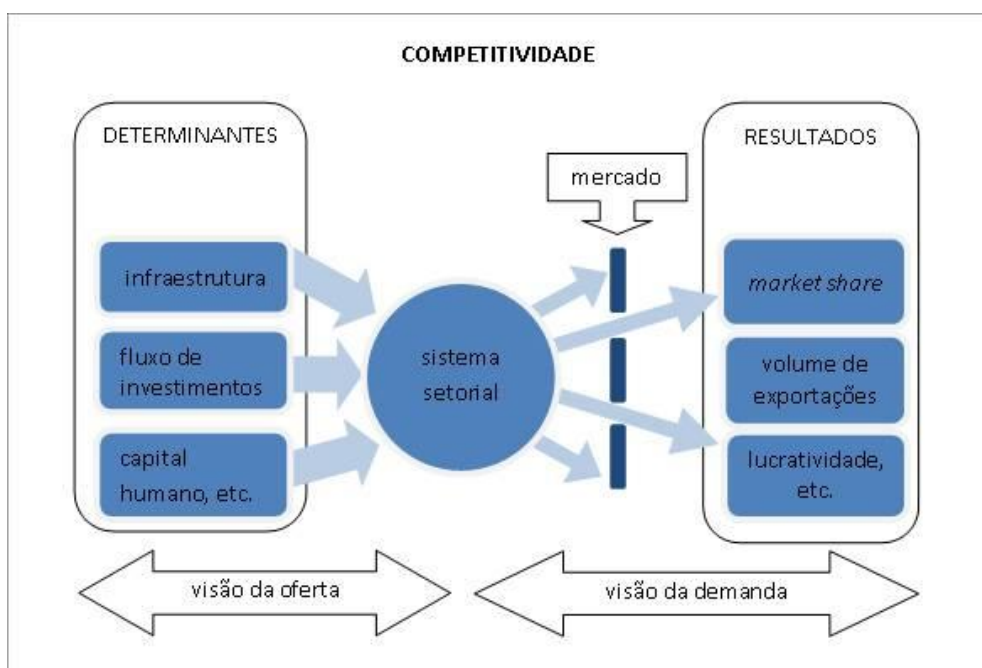


Figura 1. Competitividade<sup>4</sup>: visão da demanda e visão da oferta.

Nesta figura elencam-se apenas alguns exemplos, entre muitos outros, de fatores que determinam a competitividade de um sistema setorial<sup>4</sup>. O mercado funciona como um “teste” da competitividade do setor, selecionando os mais aptos<sup>5</sup>, que apresentam os melhores resultados. Estes podem ser mensurados de várias formas, além daquelas exemplificadas na Figura 1.

Carvalho, Silva e Soares (2009) avançaram em relação aos indicadores usuais e propuseram ferramentas mais sofisticadas<sup>6</sup> para a mensuração dos resultados da indústria de celulose no Brasil. Os resultados obtidos apontam o Brasil entre os três primeiros colocados entre os países produtores de celulose, mas não distinguem

<sup>4</sup> O diamante de Porter define os determinantes da competitividade nacional em torno de atributos básicos que serão discutidos em maior detalhe no desenvolvimento do referencial teórico. Na figura 1 são apresentados apenas alguns exemplos práticos que se enquadram nestes atributos.

<sup>5</sup> Segundo a abordagem evolucionista, a mudança econômica se dá através de um processo de **busca** [de lucro pelas empresas] e de **seleção** [decorrente das escolhas feitas pelo mercado].

<sup>6</sup> Os autores usam VCR (vantagem comparativa revelada) e PRM (posição relativa no mercado), que detalharemos na revisão bibliográfica.

entre polpas de fibra curta (feita de folhosas) e de fibra longa (feita de coníferas). Este recorte admite como concorrentes produtos que são tecnicamente complementares, o que limita a identificação dos principais concorrentes do setor brasileiro, em especial dos *novos entrantes*, e reforça as vantagens de localização.

Neste trabalho propomos uma análise setorial cujo recorte compreende países com as mesmas vantagens comparativas de localização descritas para o Brasil, lançando mão de indicadores quantitativos para sua atuação no mercado internacional. Para isto buscamos o conceito de substituição de produtos – ou seja, a análise da elasticidade da substituição – como *proxy* do teste de mercado. Esta ferramenta tem sido usada por vários autores como indicador de competitividade, mas sua aplicação ao setor florestal é mais recente (TANG et al., 2008, NAGUBADI et al., 2004) e nenhum estudo ainda teve como foco a indústria brasileira.

O presente trabalho pretende preencher a lacuna deixada pelos trabalhos anteriores e ir além da análise econométrica, aliando à interpretação dos resultados informações sobre a natureza técnica dos produtos e sobre a organização setorial e tecnológica dos concorrentes. As observações feitas são comparadas aos modelos correntes de *catch up* tecnológico<sup>7</sup> a fim de se identificar comportamentos que contribuam para a extensão da teoria nesta área.

---

<sup>7</sup> *Catch up* tecnológico: processo de redução da lacuna tecnológica entre setores já estabelecidos e novos entrantes, a ser detalhado no desenvolvimento do referencial teórico.

## 2 OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA

### 2.1 Objetivos gerais

Este trabalho tem como objetivo geral identificar a posição do setor brasileiro de celulose em relação aos seus concorrentes em termos de resultados nos principais mercados, e encontrar razões que justifiquem essa posição.

### 2.2 Objetivos específicos

Para que sejam atingidos estes objetivos gerais, pretende-se neste trabalho, especificamente:

- identificar os principais agentes e tendências do fluxo de comércio internacional;
- descrever a dinâmica concorrencial nos principais mercados;
- propor ferramentas adequadas para avaliar os resultados dos países fornecedores;
- explicar as razões de liderança entre os países fornecedores.

### 2.3 Premissas

#### **Premissa 1:** Brasil x fornecedores emergentes

O Brasil está em posição de liderança entre os fornecedores emergentes. Esta premissa será verificada neste trabalho de pesquisa.

#### **Premissa 2:** Brasil x fornecedores tradicionais

Em relação aos fornecedores tradicionais, o Brasil apresenta melhores resultados em função de *vantagens comparativas de localização*. Essa observação já foi feita por trabalhos anteriores.

### 2.4 Questões de pesquisa

**Questão 1.** Por quê o Brasil tem posição de liderança mesmo em relação a fornecedores emergentes com mesmas vantagens de localização?

**Questão 2.** Pode-se projetar posição de liderança brasileira no futuro a curto e médio prazo nos principais mercados?

## 2.5 Contribuições do trabalho

Este trabalho pretende contribuir para a discussão da competitividade do setor brasileiro de celulose no mercado global.

As principais contribuições, do **ponto de vista prático**, são:

- a inclusão da Indonésia como fornecedor emergente no cenário global,
- a revisão da posição brasileira em relação aos fornecedores tradicionais,
- o recorte da análise, evidenciando o mercado de polpa de folhosas,
- as considerações acerca dos aspectos técnicos da polpa de celulose.

**Do ponto de vista teórico**, a identificação de padrões de *catch up* tecnológico no setor de celulose e de fatores condicionantes da difusão tecnológica ao longo dessas trajetórias baseadas em recursos naturais.

**No campo dos métodos de pesquisa**, a introdução da análise de substituição de Morishima, a partir da função de produção translog, como *proxy* do teste de mercado para análise dos resultados da indústria de celulose brasileira no mercado externo.

## 2.6 Estrutura da tese

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

O capítulo 1 introduz o tema e o objeto da pesquisa, mostra sua relevância, e contextualiza o problema de pesquisa.

O capítulo 2 evidencia os objetivos pretendidos e as contribuições do trabalho.

O capítulo 3 traz a revisão da literatura em quatro partes:

- Na primeira parte, é apresentada uma perspectiva histórica da indústria de celulose, introduzindo os processos de produção envolvidos.

- Na segunda parte é desenvolvido o referencial analítico sobre sistemas de inovação e capacitação tecnológica, que servirá de base para o modelo conceitual da pesquisa.

- A terceira parte apresenta uma visão evolucionista do desenvolvimento do setor brasileiro de celulose, bem como dos setores indonésio e canadense. Inclui-se uma breve revisão dos aspectos morfológicos das fibras, enfocando as diferenças entre

polpas de fibra curta brasileira, indonésia e canadense induzidas pela evolução do setor em cada país. Esta parte apóia a discussão dos resultados de cada setor, que serão apresentados no capítulo 5.

- A quarta parte apresenta o conceito e revê aplicações das ferramentas econométricas que o trabalho propõe como indicadores de resultados (*proxy* do teste de mercado).

O capítulo 4 apresenta os métodos e os bancos de dados usados no trabalho.

O capítulo 5 apresenta e discute os resultados obtidos em sete partes:

- Na primeira parte caracteriza-se o mercado, identificando-se os principais agentes ao longo do tempo.

- Na segunda parte são apresentadas e discutidas qualitativamente as participações do Brasil e da Indonésia, seu competidor emergente, nos principais mercados de celulose.

- Na terceira e quarta partes são apresentados os resultados da análise de elasticidade-preço e elasticidade de substituição nos mercados americano e chinês.

- Na quinta parte são apresentados e discutidos aspectos de custos e configuração dos setores de celulose brasileiro, indonésio e canadense.

- Na sexta parte discutem-se os resultados apresentados nas sessões anteriores e suas implicações para o modelo de *catch-up* tecnológico do setor no Brasil e na Indonésia.

- Na sétima parte são retomadas as questões de pesquisa, e respondidas com base na discussão dos resultados.

O capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho, bem como as limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Perspectiva Histórica da Indústria de Celulose

##### 3.1.1 *Evolução dos Processos de Produção de Celulose*

Embora a produção de papel tenha-se iniciado no século II, o uso comercial de celulose de madeira para este fim só tomou impulso com o desenvolvimento da polpação mecânica, em meados do século XIX. Até então se usava uma polpa à base de trapos de algodão ou cânhamo para a fabricação de papel. A partir da produção das primeiras máquinas de moagem de madeira para polpação, em um processo patenteado por Friedrich G. Keller na Alemanha em 1840 (TWEDE; SELKE, 2005), os jornais – maiores usuários de papel, à época – passaram gradativamente a usar polpa de madeira, até que no final do século XIX praticamente todos os jornais ocidentais já haviam passado a usar polpa de madeira.

A **polpação mecânica** de árvores, proposta por Keller, promove a separação das fibras da madeira pela aplicação de energia mecânica. Inicialmente baseada no uso de uma pedra de moagem, a polpação mecânica incorporou subseqüentes melhorias, fazendo com que este processo ainda seja usado atualmente. As principais melhorias incorporadas à polpação mecânica foram o uso de pressurização, temperatura e, mais recentemente, agentes químicos e biológicos. Os processos modernos de produção de celulose baseados em polpação mecânica serão apresentados *a posteriori*.

Ainda na segunda metade do século XIX foram propostos processos químicos de tratamento da madeira para obtenção de polpa para produção de papel. A **polpação química** foi objeto de diferentes abordagens: a primeira delas foi o **processo soda**, desenvolvido no Inglaterra em 1851 por Hugh Burgess e Charles Watt, e adotado operacionalmente em 1866 nos Estados Unidos. Também nos Estados Unidos foi desenvolvido o processo **sulfito** (polpação ácida), primeiro proposto por Roth a partir de ácido sulfúrico em 1857, e posteriormente patenteado por Tilghman em 1867 a partir de bissulfito de cálcio. A primeira planta com polpação bissulfito entrou em operação na Suécia em 1874, usando o processo aperfeiçoado por Ekman usando bissulfito de magnésio. Finalmente o processo **sulfato** (polpação alcalina), mais conhecido como processo **kraft**, foi desenvolvido



por Dahl em 1879, na Alemanha, e entrou em operação em escala industrial pela primeira vez na Suécia, em 1879.

Para avaliar a evolução tecnológica desses processos industriais, é muito importante ter em mente dois aspectos: o primeiro diz respeito ao capital investido em equipamentos. Como a produção de celulose implica em aparato industrial de grande porte, o custo de instalação constitui uma barreira à substituição tecnológica radical. O segundo aspecto está relacionado às características dos produtos finais. Ainda que o objetivo final de todos os chamados “processos de produção de celulose” seja a obtenção de fibras de celulose livre dos constituintes não fibrosos da madeira, o produto obtido a partir de cada processo trará características intrínsecas que podem ser interessantes para a fabricação de diferentes tipos de papel. Ou seja, cada papel tem uma “receita” em que entram simultaneamente diferentes polpas de madeira em proporções específicas.

Em função desses dois aspectos, coexistem até hoje vários processos em operação, ainda que aspectos técnicos ou econômicos favoreçam um ou outro. Uma breve análise da evolução dos processos básicos de polpação desenvolvidos no século XIX ilustra bem isto, como veremos a seguir.

### **3.1.2 Polpação mecânica**

Durante a polpação mecânica mantêm-se a maior parte dos constituintes da madeira: lignina, hemiceluloses e extrativos. Isso não ocorre com os processos químicos, que dissolvem e extraem a maior parte da lignina, tornando o produto final mais branqueável. Como resultado, a polpação mecânica apresenta um rendimento sobre madeira bem mais alto que os processos químicos, e por este motivo a polpa produzida por processos mecânicos de polpação também é conhecida como **pasta de alto rendimento**. Como o custo da madeira (única matéria-prima) é muito significativo em relação ao custo total de produção, este processo tem um apelo econômico muito forte, em especial quando a madeira utilizada é de ciclo longo. Por outro lado, devido à coloração escura e à baixa resistência do produto final devido ao alto teor de lignina, a aplicação deste tipo de polpa se limitava a alguns tipos de papel que demandavam baixa qualidade. Para tirar vantagem do alto rendimento e

alcançar mercados de valor agregado mais alto, o processo mecânico foi aprimorado.

A **pasta mecânica** básica foi desenvolvida na década de 1950 e usada principalmente para a produção de papel imprensa. Cerca de dez anos depois foi desenvolvida a **pasta termomecânica**, em que a madeira é aquecida com vapor saturado antes de ser refinada e resulta em um produto mais resistente. Posteriormente foi desenvolvida a **pasta quimimecânica**, com um tratamento químico leve da madeira (com solução de sulfeto ou de soda) seguido por desfibramento a pressão atmosférica. Este produto também é conhecido como pasta semiquímica, e é geralmente usado na produção de papéis corrugados (papelão ondulado usado em embalagens). A associação de leve tratamento químico ao desfibramento em refinador sob aquecimento e pressão levou ao desenvolvimento da **pasta quimitemomecânica** (CTMP, *chemithermomechanical pulp*). A CTMP não-branqueada é usada, principalmente, em fábricas integradas, ou seja, em que toda a produção da planta de celulose segue para uma planta de papel no mesmo *site*, raramente sendo comercializada. Já no final do século XX foi desenvolvida a CTMP branqueada (**BCTMP**: *bleached* CTMP). Os métodos mais modernos de polpação mecânica combinada a branqueamento renderam um novo patamar de qualidade à pasta de alto rendimento. Hoje a BCTMP é largamente utilizada em diferentes tipos de papel, incluindo as categorias usualmente classificadas como “*woodfree*”, assim chamados os tipos de papel que, por seus requisitos de alvura e resistência, tradicionalmente só admitem pastas químicas em sua composição.

A partir dos anos 2000 vários processos envolvendo uso de agentes biológicos – fungos, bactérias ou enzimas –, foram desenvolvidos para auxiliar a produção de polpa mecânica. Os agentes biológicos foram primeiro introduzidos como auxiliares no processo de produção de polpa química, com um grande número de patentes registradas na década de 1990. Como o papel dos agentes biológicos é mais próximo de um auxiliar – seja para branqueamento, melhoria de resistência, ou, no caso da pasta mecânica, redução da energia de refino – não se convencionou nenhuma nova categoria mercadológica em função de seu uso.

### 3.1.3 Polpação química

A despeito da evolução dos métodos de produção de celulose baseados em polpação mecânica, cerca de 90% de toda a produção de celulose de mercado é de polpa química. E de toda a polpa química produzida mundialmente, cerca de 80% é baseada no processo kraft. Uma visão breve dos fundamentos dos principais métodos químicos de polpação explica a hegemonia deste processo nos dias atuais.

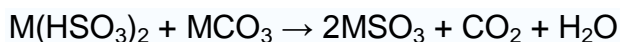
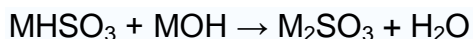
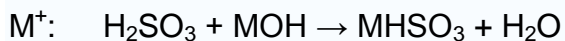
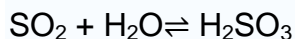
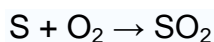
O **processo soda** se baseia na dissolução e hidrólise de componentes da madeira em solução de soda cáustica. A solução alcalina é neutralizada pela formação de sais, porém pode ser regenerada para novo uso. Esta solução, conhecida como licor de cozimento por promover a cocção da madeira, é obtida industrialmente a partir da caustificação de carbonato de sódio, em uma reação reversível que determina o nível de causticidade do licor – mais alta quanto menor a concentração de carbonato usado na caustificação:



O resultado do cozimento é uma massa de fibras que, usualmente, é submetida a um processo de branqueamento antes de ser usada na fabricação do papel. Também resulta do cozimento um licor denso, chamado de licor negro, muito rico em matéria orgânica e químicos, cuja recuperação é feita por evaporação, queima e nova caustificação.

A despeito da vantagem de se poder recuperar o licor de cozimento, o processo soda foi gradualmente suplantado pelo **processo sulfito** nas plantas que entravam em operação no início do século XX. Uma das principais razões para isto era a degradação excessiva das fibras no processo soda.

O licor de cozimento no processo sulfito é obtido a partir da queima do enxofre e posterior dissolução em água para a obtenção de ácido sulfuroso. Este ácido passa por uma reação ácido-base com um hidróxido ou carbonato de metal alcalino-terroso.



A polpação sulfito se baseia na hidrólise do complexo celulose-lignina, seguida da decomposição da lignina com formação de compostos lignossulfonados; reações bem menos drásticas que aquelas que ocorrem em meio alcalino.

Tal como no processo soda, o produto obtido é uma massa de fibras que é submetida a branqueamento antes de ser usada na fabricação do papel. Porém a clivagem da ligação entre celulose e lignina leva a uma polpa mais fácil de branquear, enquanto a porção celulósica mantém-se bastante estável nas condições de cozimento, o que constitui uma grande vantagem em relação ao processo soda.

O licor (marrom ou vermelho) obtido após o cozimento na polpação sulfito apresenta algumas limitações para a recuperação de químicos, e a depender do contra-íon usado no licor de cozimento, pode ser completamente inviável. Por outro lado, alguns subprodutos podem ser aproveitados, tais como lignossulfonatos, com aplicações clássicas no curtimento de couro, na indústria de cimento e como aditivo polimérico em diversos processos industriais. Mais recentemente lignossulfonatos têm encontrado também aplicações mais nobres a partir de resinas de alta especialização (DOS SANTOS; CURVELO, 1999). Além disso, as hexoses que resultam da hidrólise ácida das hemiceluloses podem ser fermentadas a etanol, o que, além da obtenção do álcool em si, gera também lignossulfonatos solúveis em água (BIERMANN, 1996).

O processo sulfito rapidamente suplantou o processo soda, mas ainda na primeira metade do século XX, perdeu posição para o processo kraft. A principal razão para isso foi a limitação de espécies que podem ser usadas com eficácia no processo sulfito. Como neste processo não ocorre saponificação, os extrativos das espécies muito resinosas permanecem insolúveis no meio ácido de cozimento e não são

removidas, provocando contaminação do produto final. Este é o caso de várias espécies de pinheiro encontradas nos Estados Unidos. Outras coníferas como o abeto-de-douglas, também conhecido como pinheiro do Oregon (*Pseudotsugamenziesii*), contêm flavonóides que reduzem o ácido sulfuroso e inviabilizam o cozimento sulfito.

Hoje as principais plantas industriais em operação com processo sulfito dedicam-se à produção de polpas especiais de madeira, tais como a **celulose solúvel**. Usualmente aplica-se uma etapa de pré-hidrólise antes do cozimento a fim de se remover ao máximo as hemiceluloses. Este processo, associado a várias etapas de lavagem, garante um nível aceitável de extrativos no produto final. A polpa obtida neste processo não se destina à produção de papel, sendo seu principal uso como matéria-prima na produção de têxteis, como viscose e lyocel (Tencel®), além de derivados de celulose (carboxi-metil-celulose, nitro-celulose, acetato de celulose, etc.) com aplicações em vários segmentos industriais, como farmacêutico, cosmético, alimentício, de tintas, entre outros.

O **processo kraft** ou sulfato pode ser entendido como uma evolução do processo soda: baseia-se na dissolução e hidrólise de componentes da madeira em solução de soda cáustica, e o licor de cozimento usado também pode ser recuperado para novo uso. A principal diferença é que no processo kraft o licor de cozimento é obtido a partir da caustificação de sulfato de sódio, de onde se origina o nome “processo sulfato”. Apesar de dar nome ao processo, o sulfato não participa do cozimento em si, e é a presença do sulfeto obtido na redução do sulfato de sódio que promove maior velocidade de solubilização da lignina pela soda cáustica. Como a deslignificação é mais rápida, o tempo de cozimento – ou seja, o tempo de exposição da madeira ao licor de cozimento – é reduzido, e ocorre menos ataque às cadeias de celulose e hemicelulose. Como resultado da menor degradação dos carboidratos, a polpa obtida é mais resistente.

A resistência da polpa kraft é superior, inclusive, à da polpa sulfito, embora menos branqueável. Mas ao agregar as vantagens de uma fonte de álcali mais barata que no processo soda, um ciclo de recuperação eficiente, produto resistente e ainda aplicabilidade a praticamente todas as espécies de árvore, mesmo as resinosas, o processo kraft se estabeleceu como a escolha natural para novas plantas de produção de polpa de celulose para papel desde a segunda metade do século XX.

### 3.1.3.1 *Princípios básicos do processo kraft*

O processo de produção kraft determina o cozimento da madeira e o ciclo de recuperação de químicos.

O reator onde ocorre o **cozimento** é usualmente chamado digestor e o processo pode ser em batelada ou contínuo. O cozimento em batelada é mais comum em fábricas mais antigas, que operam em escalas menores, ou nos casos em que se trabalham com especialidades, tais como diferentes tipos de matéria-prima (polpa de sisal, abacá e outras fibras especiais), ou ainda quando são produzidas polpas diferenciadas no processo, também com aplicações especiais (polpa com maior ou menor nível de degradação dos carboidratos, para se obter respectivamente maior maciez ou resistência no produto final). À parte as empresas que trabalham nesses nichos específicos de mercado, a maioria das fábricas modernas, que operam com capacidades da ordem de 1 milhão de toneladas de polpa por ano, usam digestores contínuos.

A madeira com que se alimenta o digestor, na forma de cavacos, deve passar por uma preparação adequada para se garantir eficiência<sup>8</sup> ao longo do processo. Esta preparação envolve o uso de uma única espécie e ainda a escolha de material genético similar a cada alimentação do digestor. Estes cuidados se devem à importância da densidade da madeira na cinética de impregnação com o veículo dos reagentes, e também da uniformidade na composição da madeira para que o tempo de cozimento seja ideal para todo o material no digestor. A remoção da casca e o corte uniforme dos cavacos com uma geometria específica também têm vistas a uniformizar e reduzir o tempo necessário de impregnação e cozimento da madeira. Ainda com relação à preparação da matéria-prima, alguns procedimentos precisam ser avaliados em cada local de operação em função da espécie usada e das condições climáticas regionais, como a definição de um tempo específico de “descanso” e exposição da madeira entre o corte das árvores e seu uso, para garantir equilíbrio da umidade e evaporação de extrativos voláteis.

---

<sup>8</sup>Eficiência medida tanto pelo quantidade de polpa produzida por metro cúbico de madeira usada, quanto por mínima perda dos rejeitos madeira, que são aproveitados para queima e geração de energia.

No digestor, os cavacos são impregnados pelo licor de cozimento, chamado de **licor branco**, cujos componentes ativos são NaOH e Na<sub>2</sub>S em água. Outros compostos podem estar presentes como resíduos do processo de recuperação.

Garantida a uniformidade da matéria-prima, as principais variáveis no cozimento são: (a) tempo e temperatura – combinados em uma única variável, indicam a extensão da reação, conforme proposto por Vroom em 1957 a partir da equação de Arrhenius aplicada à deslignificação<sup>9</sup>(BIERMANN, 1996);(b) concentração do álcali efetivo,  $AE = NaOH + \frac{1}{2} Na_2S$ ; (c) razão entre álcali efetivo e quantidade de madeira; e (d) sulfidez,  $Sulfidez (\%) = Na_2S / (NaOH + Na_2S)$ .

As variáveis de cozimento descritas são manipuladas de forma a se atingir um objetivo final em termos do teor de lignina na polpa marrom, como é chamada a massa de fibras obtida após o cozimento. Operacionalmente o teor de lignina é determinado pelo número *kappa*<sup>10</sup>, definido como o volume de permanganato de sódio consumido na oxidação de um grama de polpa celulósica sob condições padronizadas. Quanto mais brando o cozimento, maior o teor de lignina da polpa marrom e maior o seu *kappa*. Quanto maior o *kappa* da polpa marrom, mais difícil (custoso) será o processo de branqueamento da polpa. Os processos de branqueamento serão discutidos em capítulo à parte.

Ao final do cozimento a polpa marrom está imersa em **licor preto**, que resulta da dissolução da matéria orgânica – em sua maior parte, lignina – no licor residual de

---

<sup>9</sup>Apesar da molécula de lignina ser bastante complexa e passar por uma série de diferentes reações para que ocorra sua dissolução e separação das fibras de celulose, Vroom modelou a cinética de deslignificação admitindo uma reação simples. A partir de uma constante empírica e da atribuição arbitrária de uma taxa de reação relativa = 1 para T=100°C, chegou a uma expressão para  $\ln k = 43,181 - 16113/T$ , onde T é a temperatura em Celsius. O fator H é calculado pela integral desta curva em relação ao tempo, considerando-se a rampa de temperatura aplicada no intervalo de tempo considerado (Vroom, K.E., The “H” factor: a means of expressing cooking times and temperatures as a single variable, *Pulp Paper Mag. Can.* 58(3):228-231, 1957).

<sup>10</sup>Foi demonstrado que o número kappa é afetado por outras estruturas de carboidrato suscetíveis a oxidação por permanganato presentes na polpa marrom, notadamente por ácidos hexenurônicos (Li, J.B. & Gellerstedt, G., The contribution to kappa number from hexenuronic acid groups in pulp xylan, *Carbohydr. Res.*, 302(3-4):213-218, 1997. Apesar disso, esse parâmetro continua sendo amplamente utilizado tanto em operações fabris quanto em trabalhos de laboratório como uma medida do grau de deslignificação da polpa.

cozimento. Dos reagentes químicos usados na polpação, permanecem neste licor residual principalmente  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , resultado da oxidação do sulfeto; sais orgânicos de sódio, da reação ácido-base entre a soda e os componentes da madeira; e NaOH que não reagiu, mas que é essencial para a manutenção do pH adequado durante o processo de polpação.

Como cerca de metade da massa da madeira usada no cozimento é dissolvida, o licor preto é uma excelente fonte de energia, além de permitir a recuperação de mais de 95% dos reagentes químicos usados na polpação.

O **ciclo de recuperação de químicos** no processo kraft se baseia na queima do licor preto previamente concentrado. Este processo, complementar à polpação kraft, ocorre em uma unidade usualmente chamada de planta de recuperação e utilidades, que além da regeneração de químicos ativos (NaOH e  $\text{Na}_2\text{S}$ ) e da geração de energia elétrica, também provê água limpa e vapor à planta principal de produção de polpa, conhecida como “linha de fibras” – aí compreendidos os reatores de polpação (digestor) e de branqueamento, bem como as etapas de lavagem e secagem da polpa.

A concentração do licor preto é feita em evaporadores de múltiplo efeito e concentradores a fim de atingir um teor de sólidos secos entre 60 e 80% (FOELKEL, 2009a). A concentração é necessária em função do alto teor de inorgânicos, que confere baixo poder calorífico ao licor que sai do digestor, por isso o teor de sólidos secos mínimo para a queima do licor é de 60%. Por outro lado, uma concentração muito alta afeta o adequado transporte do material em função do aumento de viscosidade, assim trabalha-se geralmente com um teor máximo de 80% de sólidos secos.

Depois de concentrado, o licor vai para a caldeira de recuperação, que funciona como reator químico e também como trocador de calor. A caldeira é composta de uma fornalha e de equipamentos para troca térmica, e tem como objetivos recuperar os químicos inorgânicos, queimar os químicos orgânicos de forma a reduzir sua descarga para o ambiente, e recuperar o calor de combustão na forma de vapor.

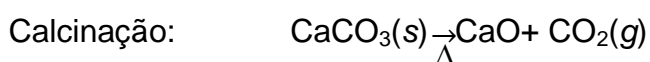
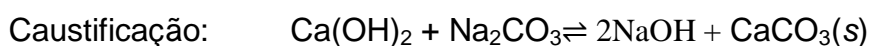
Com a queima do licor preto, ocorre a evaporação da água e a pirólise dos componentes orgânicos, liberando compostos voláteis e formando os gases de combustão, além dos sólidos particulados que formam um leito carbonizado em



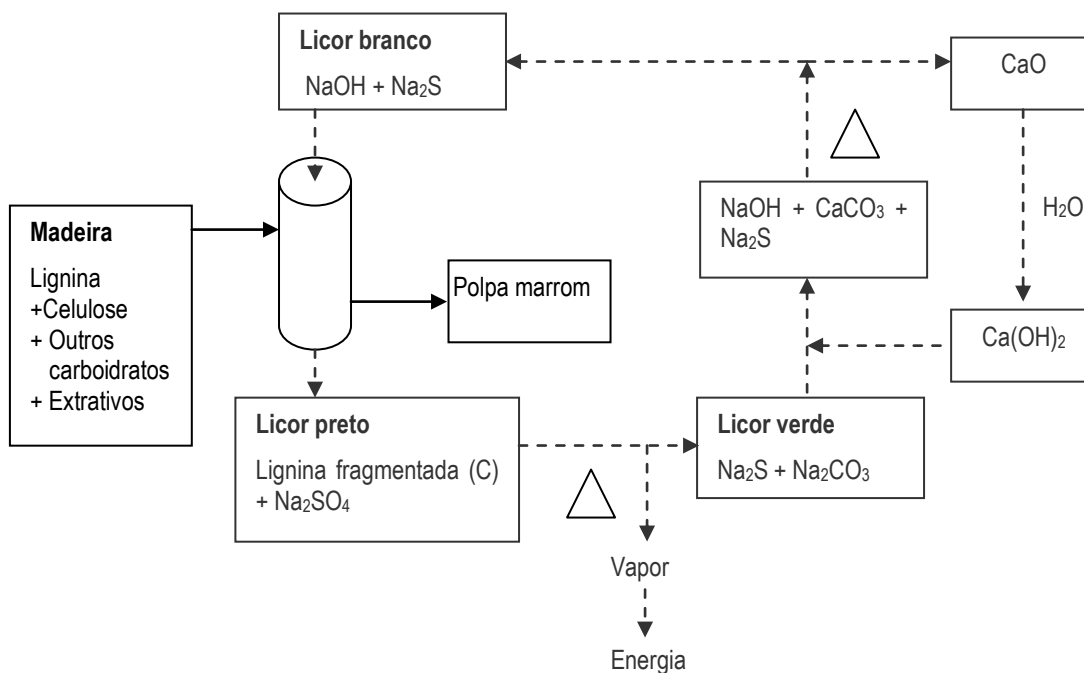
conjunto com os componentes inorgânicos. Estes formam um fundido (*smelt*), em que os compostos de enxofre são reduzidos a  $\text{Na}_2\text{S}$ , enquanto a soda remanescente e os sais orgânicos de sódio são convertidos a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

O desempenho da caldeira de recuperação é quantificado pela eficiência de redução, medido pela razão molar entre o sulfeto e o total dos compostos de enxofre:  $\text{redução (\%)} = \text{Na}_2\text{S} / (\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ . Em caldeiras modernas, esta eficiência é da ordem de 95 a 97%.

Ao fim deste processo o material inorgânico fundido é direcionado a um tanque, onde é dissolvido, formando o **licor verde**. O licor verde é tratado com  $\text{Ca(OH)}_2$  proveniente da hidratação de cal para regenerar  $\text{NaOH}$ , numa reação chamada caustificação. O  $\text{CaCO}_3$  gerado neste processo é queimado no forno de cal, regenerando o  $\text{CaO}$  que será novamente hidratado e usado num novo processo de caustificação.



A Figura 2 apresenta um diagrama bastante simplificado do processo kraft, e mostra como os químicos usados na polpação são recuperados.



**Figura 2. Esquema simplificado do processo kraft. As setas cheias indicam a entrada e a saída da polpação para a linha de fibras, as setas pontilhadas indicam o ciclo de recuperação de químicos.**

O calor dos gases gerados na combustão da matéria orgânica é aproveitado para a geração de vapor de alta pressão, que por sua vez é usado para a produção de energia elétrica a partir de turbogeradores. A energia elétrica gerada em processos kraft usualmente é suficiente para que o processo de produção de celulose seja auto-suficiente em energia, sendo possível, inclusive, sua venda a outras indústrias instaladas na mesma área, ou uso para abastecimento de cidades em complemento ao fornecimento urbano regular. A co-geração de energia durante o ciclo de recuperação de químicos é um dos fatores que contribuem para a viabilidade econômica do processo de polpação kraft, e para sua prevalência entre os processos de produção de polpa química.

### 3.1.3.2 Evolução tecnológica dos processos de produção de polpa kraft

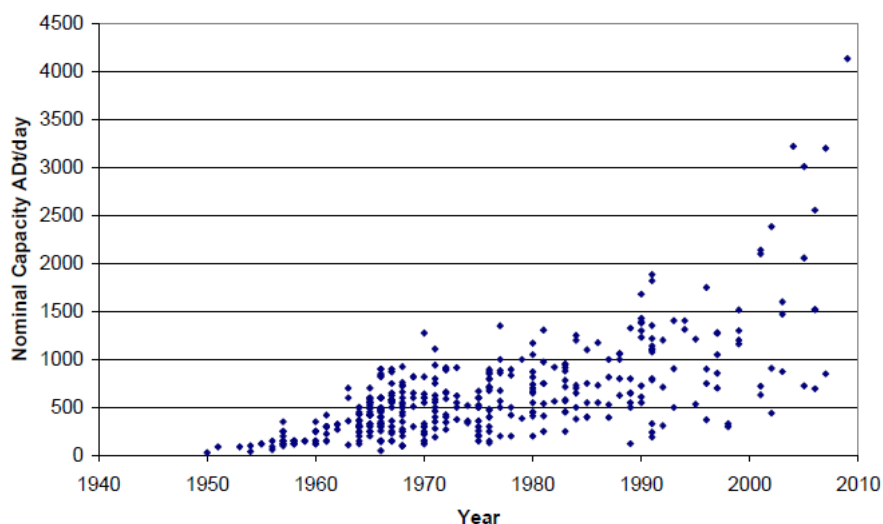
O processo de produção de celulose para venda ao mercado compreende três etapas principais: deslignificação da madeira, branqueamento da polpa marrom e secagem da polpa branqueada. O objetivo é a obtenção, ao final do processo, de uma polpa celulósica que atenda aos padrões internacionais de qualidade<sup>11</sup> para a

<sup>11</sup>Os atributos técnicos da polpa requeridos para cada tipo de papel diferem em função de sua aplicação. De forma geral, atributos como alvura e resistência são essenciais para todas as

produção de papel, e com um teor de água baixo o suficiente para evitar custos desnecessários durante o transporte até os mercados consumidores.

Como já mencionado no capítulo anterior, a produção de celulose é um processo de capital intensivo. Ou seja, os equipamentos usados nesta indústria envolvem investimentos altos, cuja amortização é possível e desejável através do aumento de capacidade de produção, que permite ainda economias de escala.<sup>12</sup>

A ampliação da capacidade nominal foi a principal motivação para o desenvolvimento de **digestores contínuos**. Os obstáculos técnicos a essa tecnologia - alimentação contínua de cavacos a um reator pressurizado e a descarga do reator - foram superados por volta de 1950, e desde então a capacidade dos digestores contínuos novos vem dobrando a cada 15 ou 20 anos, conforme a Figura 3 (LAAKSO, 2008).



**Figura 3. Evolução da capacidade nominal dos digestores contínuos de polpação kraft. Fonte: LAAKSO, 2008.**

---

aplicações, em maior ou menor grau – por exemplo, comparando-se papéis de embalagem e papéis para impressão e escrita, estes requerem maior alvura, porém menor resistência que aqueles. Outros atributos da polpa como opacidade, facilidade de refino e porosidade, entre outros, são alguns dos critérios mais comuns para a definição da qualidade da polpa.

<sup>12</sup>O aumento da produção permite uma amortização dos investimentos em menor intervalo de tempo. Este efeito financeiro não deve ser confundido com os ganhos de escala, que decorrem de custos marginais decrescentes (o aumento da quantidade produzida não exige um aumento proporcional do custo). PINDYCK, R. S. & RUBINFELD, D. L. 2005. *Microeconomia*, São Paulo, Pearson Prentice Hall.

Além dos atributos do produto final, o próprio processo produtivo é objeto de análise mercadológica. Os aspectos ambientais – e mais recentemente, também o impacto social das operações relacionadas à produção de celulose – exercem uma grande influência sobre a decisão de compra, principalmente em mercados maduros como a Europa Ocidental.

Tratando-se de uma *commodity*, ou seja, um bem produzido em larga escala com baixo nível de diferenciação entre os fornecedores de uma mesma categoria (tipo de polpa), a constante busca por eficiência operacional e redução de custos é essencial para a manutenção de competitividade neste setor.

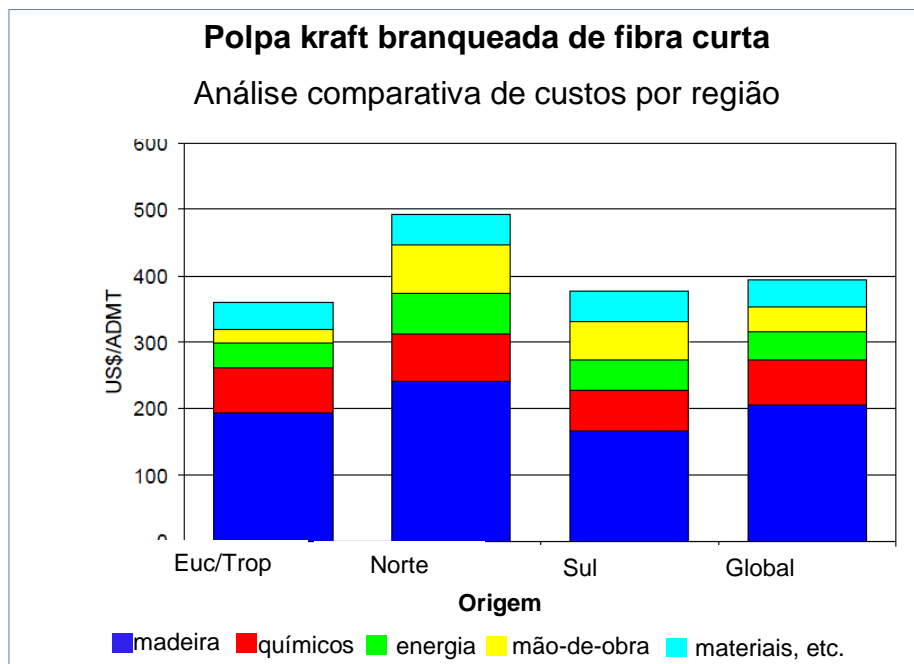
Assim, a evolução tecnológica desse processo produtivo ao longo dos anos foi impulsionada por essas três vertentes: redução de custos operacionais e de investimentos, atendimento às exigências sócio-ambientais do entorno e obtenção de atributos técnicos específicos do produto final.

Essas vertentes se traduziram em **novas tecnologias no processo de produção de celulose, usualmente desenvolvidas pelos fornecedores de equipamentos** para esta indústria. Assim, ainda que haja desigualdades nos estágios tecnológicos entre as diferentes empresas, pode-se afirmar que **a adoção de novas tecnologias de processo depende mais do fluxo de capital que do fluxo de informação.**

Disto resulta uma certa homogeneidade dos processos produtivos (a despeito de diferenças em estágio tecnológico). Por exemplo, a maioria das plantas kraft de grande porte em operação, independente do país em que se encontram, conta com digestores contínuos, deslignificação com oxigênio, branqueamento ECF (*elemental chlorine free*, livre de  $\text{Cl}_2$ ), tratamento de efluentes primário e secundário, programas de redução do consumo de água e energia e da geração de emissões e resíduos, entre outras características básicas.

Um ponto crucial, que impacta as três vertentes descritas – custo, impacto ambiental e atributos técnicos da polpa – , é a matéria-prima utilizada.

Segundo Jones (2008), com o parque industrial atual, o custo de madeira representa em média cerca de 50% do custo total de produção da polpa kraft branqueada de fibra curta (feita a partir de folhosas). No caso da polpa kraft branqueada de fibra longa (feita a partir de coníferas), o custo da madeira é ainda mais significativo, podendo passar de 60% do custo total, conforme a Figura 4.



**Figura 4. Comparação das componentes do custo de produção de polpa kraft de folhosas por região de origem da fibra. Fonte: adaptado de JONES, 2008.**

Quanto ao impacto ambiental, após as pressões para processos de branqueamento mais limpo no anos 1980 e para redução do consumo de água nos anos 1990, a indústria de celulose passou a ser cobrada por práticas de manejo florestal sustentáveis. Certificações como FSC (*Forestry Stewardship Council*) e PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*), que atestam a sustentabilidade das operações florestais, passaram a ser exigidas por vários fabricantes de papel, em especial em mercados maduros como o europeu (MANHÃES et al., 2006).

No que se refere às propriedades físicas da polpa celulósica, atributos-chave críticos para a qualidade do papel, vários autores apontam sua correlação com as características morfológicas da fibra – determinada pela matéria-prima utilizada – enquanto as características físico-químicas determinadas pelo processo industrial ocupam uma posição secundária (SANTOS et al., 2005), como veremos no item 3.8, “Aspectos morfológicos das fibras”.

O foco dos fatores determinantes de competitividade no setor de celulose passa da operação industrial para a operação florestal.

### 3.2 Sistemas de inovação e capacitações tecnológicas

A idéia de inovação como motor do desenvolvimento econômico foi lançada por Schumpeter no começo do século XX. A inovação – entendida como qualquer mudança de método na obtenção de bens, seja pela introdução de novas mercadorias, pela mudança tecnológica em sua produção, pela abertura de novos mercados ou de novas fontes de fornecimento, pela diferenciação do método de trabalho ou por novos arranjos organizacionais – é o processo de ruptura que explica a existência dos ciclos econômicos, justifica os juros e define a necessidade de oferta de crédito ao “empresário schumpeteriano”. A partir da noção de “inovação” formou-se a base do modelo schumpeteriano do processo de evolução econômica (SCHUMPETER, 1969/1926).

A importância da inovação como um fenômeno central da economia ganha impulso com o trabalho seminal de Nelson & Winter (1982), que deu origem à escola evolucionista, um ramo da teoria econômica que defende que o processo decisório das firmas e do mercado são marcados por racionalidade limitada. Essa visão estabelece um contraponto à teoria econômica ortodoxa<sup>13</sup>, que explica os fenômenos econômicos com base exclusivamente em escolhas racionais de maximização de lucros (pelas firmas) ou maximização de utilidade (pelo mercado) – a lógica ortodoxa, portanto, permite apenas um conjunto de escolhas perfeitamente racional e não explica diferenças entre as firmas.

A abordagem evolucionista pega emprestada da biologia, mais especificamente da teoria darwinista da evolução, a idéia de seleção natural: as firmas possuem um conjunto de capacitações que lhes conferem maior ou menor habilidade para sobreviver e crescer. A aptidão para permanecer no mercado passa pela busca de inovações que permitam à firma ter uma vantagem monopolística temporária até que a concorrência comece a imitá-la. O agregado das empresas que, em um processo progressivo e de longo prazo, mostrarem maior aptidão para permanecer no mercado definirão a rota da mudança econômica.

---

<sup>13</sup> Nelson e Winter definem como referencial ortodoxo o pensamento econômico formalizado por Smith, Ricardo, Mill, Marshall e Walras.

Uma forte influência na formação da escola evolucionista foi Edith Penrose, pioneira no que se convencionou posteriormente chamar de visão da firma baseada em recursos. A autora propõe uma teoria do crescimento da firma que não se baseie exclusivamente no aumento da quantidade produzida de um determinado produto, e introduz a questão da diversificação de produtos e a relevância das capacitações internas à firma. A firma, vista como conjunto de recursos produtivos, tem seu tamanho definido pela proporção dos recursos produtivos que emprega. A autora aponta os recursos humanos como similares aos ativos fixos no que tange à sua importância para a firma, e compara sua perda a uma perda de capital (PENROSE, 1959).

Os economistas da escola evolucionista ou neo-schumpeterianos evidenciaram a natureza multidimensional da relação entre inovação e evolução industrial e estabeleceram referenciais teóricos importantes para a análise e compreensão dos fenômenos econômicos ligados à inovação.

A identificação de padrões setoriais de inovação levou à taxonomia proposta por Pavitt (1984) para descrever o comportamento de setores e firmas quanto às fontes, à natureza e aos impactos das inovações, sumarizada na Tabela 2.

Tabela 2. Trajetórias tecnológicas setoriais: determinantes, direções e características mensuradas.

Categoria da firma (1)	Atividades nucleares típicas (2)	Determinantes das trajetórias tecnológicas			Trajetoárias tecnológicas	Características mensuradas			
		Fontes de tecnologia (3)	Tipos de Usuário (4)	Mecanismos de apropriação (5)	Fontes da tecnologia de processo (6)	Inovação relativamente predominante (7)	Tamanho relativo das firmas inovadoras (8)	Intensidade e direção da diversificação tecnológica (9)	(10)
<b>Dominada pelo fornecedor</b>	agricultura; construção civil; serviços privados, manufatura tradicional	Extensão dos serviços de pesquisa dos fornecedores; grandes usuários	sensível ao preço	não-técnicos (marca, marketing, propaganda, aparência estética)	redução de custos	fornecedores	processo	pequeno	baixa vertical
<b>Intensiva em produção</b>	Intensiva em escala	materiais volumosos (aço, vidro); montagem (bens de consumo duráveis e autos)	engenharia de produção dos fornecedores; P&D	segredo e know-how de processo; defasagens técnicas; patentes; economias dinâmicas de aprendizado	redução de custos (no projeto do produto)	interna; fornecedores	processo	grande	alta vertical
	Fornecedores especializados	maquinaria; instrumentos de precisão	projeto e desenvolvimento pelos usuários	know-how de projeto; conhecimento dos usuários; patentes	projeto de produto	interna; clientes	produto	pequeno	baixa concêntrica
<b>Baseada em ciência</b>	eletrônico / elétrico; químico	P&D; ciência pública; engenharia de produção	misto	know-how de P&D; patentes; segredo e know-how de processo; economias dinâmicas de aprendizado	mista	interna; fornecedores	mista	grande	baixa vertical alta concêntrica

Fonte: adaptado de Pavitt (1984).



Dosi (1988) propôs uma distinção entre a progressão ao longo de trajetórias tecnológicas estabelecidas e as discontinuidades associadas ao estabelecimento de um novo paradigma tecnológico, que ele define como um *“padrão de solução de problemas tecno-econômicos, baseado em princípios derivados das ciências naturais, juntamente com regras específicas que buscam adquirir conhecimento novo e salvaguardá-lo, quando possível, da difusão rápida dos concorrentes”*.

Com este aracabouço, Dosi reforça as idéias de Penrose, indicando que a construção de conhecimento ao longo de uma trajetória tecnológica depende de habilidades e qualificações cumulativas que são locais e específicas à firma em que ocorrem. Não obstante, o autor acrescenta que *processos imitativos* – assim como os inovativos – *constituem também processos criativos de busca de oportunidade tecnológica*.

No nível agregado, os evolucionistas empregam o conceito de sistema nacional de inovação<sup>14</sup>, incluindo não apenas indústrias e firmas, mas também as atividades de pesquisa e desenvolvimento conduzidas em universidades, institutos de pesquisa, agências governamentais, bem como as próprias políticas públicas, como propulsores de inovação no nível nacional (CARLSSON et al., 2002).

Um outro recorte de análise do sistema de inovação é o setorial, baseado em uma indústria. No sistema setorial de inovação proposto por Malerba (2002), a inovação nas indústrias resulta da interação entre os diferentes agentes que conduzem ou orientam as atividades inovativas. Estes agentes, que podem estabelecer relações colaborativas formais ou informais, têm suas ações fortemente influenciadas pelas competências e processo de aprendizado das firmas, bem como por bases de conhecimento específicas das indústrias.

Quanto ao impacto da inovação sobre os processos de comércio internacional, Soete (1987) categoriza os principais trabalhos em três linhas principais: *comércio intrasetorial*, cujas principais contribuições teóricas consistem na introdução dos conceitos de economia de escala e de diferenciação de produtos ao modelo de comércio; *ciclo de vida do produto*, a partir do modelo inicialmente proposto por Vernon (1966), que relaciona demanda por produtos e maturidade tecnológica dos

---

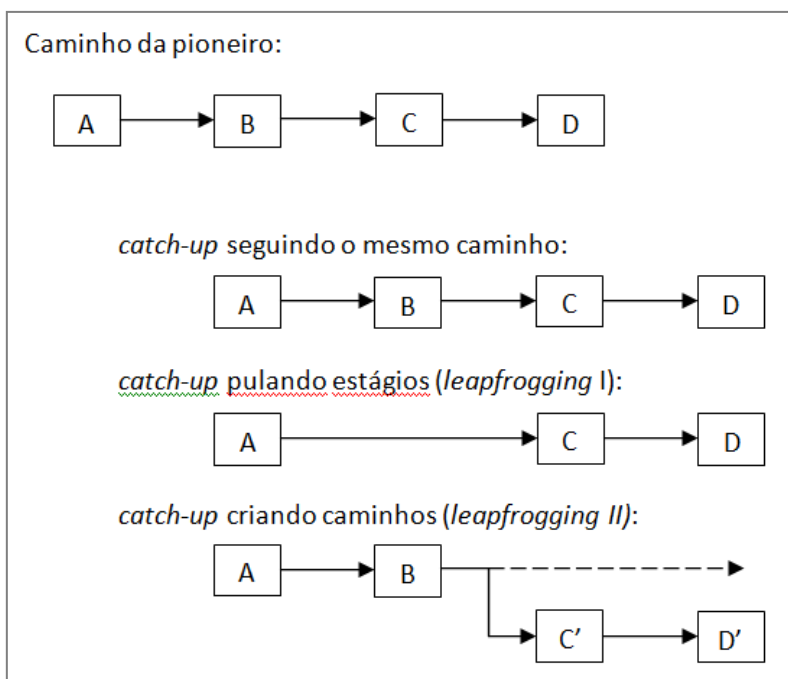
<sup>14</sup> Para uma perspectiva histórica do sistema nacional de inovação, veja FREEMAN, C. 1995. The "National System of Innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24.

fornecedores ao nível de desenvolvimento e renda; e finalmente as teorias baseadas em *lacuna tecnológica*, entre os quais destaca o modelo de Krugman (1979). Este modelo – posteriormente revisitado por Krugman – parte da premissa de uma região inovadora (Norte), onde a inovação rapidamente se transforma em novos produtos que só depois de algum tempo passam a ser produzidos numa região não inovadora (Sul). Este movimento se daria porque novas indústrias se formariam constantemente no Norte a fim de manter seu padrão de vida, e que tais indústrias mais cedo ou mais tarde desapareceriam frente à competição dos baixos salários das indústrias do Sul. Sobre o modelo simplificado de Krugman, Soete aponta que: (a) suas premissas são irrealistas e simplistas, pois considera um único fator de produção (trabalho), e considera ainda que todos os bens são produzidos com a mesma função de custo, sem diferenças em produtividade; (b) a despeito das limitações, o modelo é bastante forte e influente. Com efeito, a emergência de indústrias em regiões em desenvolvimento é frequentemente associada ao modelo de Krugman.

A ideia de uma “lacuna tecnológica” entre os países em desenvolvimento e os desenvolvidos abriu uma frente de estudos cujo foco são as formas pelas quais os países em desenvolvimento tentam diminuir essa lacuna. A esse processo de “tentar alcançar” os países desenvolvidos convencionou-se chamar “*catch-up* tecnológico”. Os primeiros modelos descrevem processos imitativos ao longo de uma trajetória tecnológica pré-estabelecida (PEREZ; SOETE, 1988). Modelos mais recentes incorporam a idéia de “*leapfrogging*”: ao invés de “correr atrás” da tecnologia disponível em outros países (ou, no nível da firma, de propriedade dos concorrentes) o novo entrante ultrapassa o detentor da tecnologia já estabelecida, pulando etapas.

A partir da análise de indústrias coreanas, Lee e Lim (2001) identificaram três padrões de *catch-up*, ilustrados na Figura 5. O primeiro padrão, que chamaram *path-following*, coincide com os primeiros modelos de *catch-up*, em que o novo entrante copia os passos do pioneiro. No segundo padrão, chamado de *stage-skipping* ou *leapfrogging* tipo I, o novo entrante segue uma trajetória tecnológica similar à do pioneiro, mas pula etapas, acelerando o processo. O terceiro padrão, chamado de *path-creating*, ou *leapfrogging* do tipo II, se dá quando o novo entrante define uma nova trajetória, diferente daquela adotada pelo pioneiro, e cria

tecnologias alternativas e concorrentes às tecnologias estabelecidas. Na Figura 5, C' e D' são tecnologias que concorrem com C e D, respectivamente.



**Figura 5. Tipologia de catch-up tecnológico de Lee e Lim.**  
 Fonte: adaptado de Lee e Lim (2001).

Neste trabalho usaremos uma abordagem evolucionista a fim de explicar os resultados alcançados pelos setores de celulose de diferentes países. Consideraremos as trajetórias tecnológicas percorridas, a aplicabilidade do modelo simplificado de Krugman (1979), e usaremos a tipologia de Lee e Lim (2001) na discussão dos padrões de *catch-up*.

### 3.3 Do conceito de competitividade

Competitividade é um aspecto essencial do comércio internacional, especialmente no contexto de uma economia globalizada. O conceito de competitividade no nível da empresa é claro – empresas competem por mercado e capital, assim sua competitividade é usualmente medida pela participação no mercado em que atua, pela rentabilidade de seus negócios ou pelo seu valor de mercado. No nível nacional, por outro lado, existem diferentes conceitos usados na literatura, sem a formação de um consenso formal a este respeito (KRUGMAN, 1996, BUCKLEY, 1988).

O celebrado “diamante de Porter” (PORTER, 1990), ilustrado na Figura 6, é um modelo amplamente aplicado no estudo da competitividade de nações.

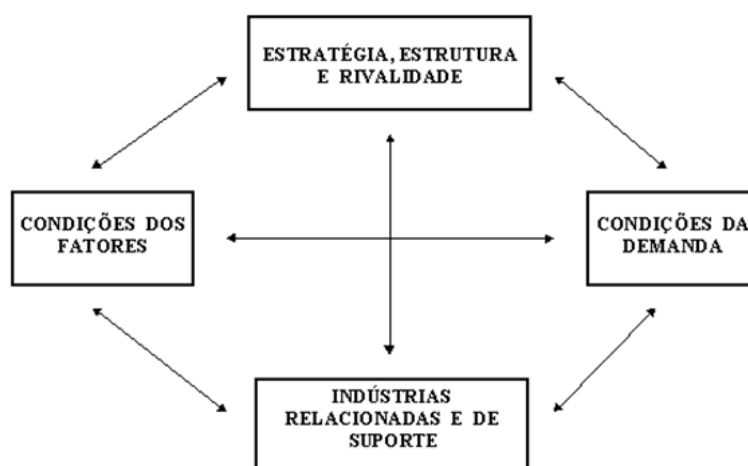


Figura 6. Determinantes da competitividade nacional. Fonte: Porter, 1990

Para Porter, a investigação da competitividade deve ter como foco setores ou segmentos industriais específicos de um país. De acordo com seu modelo, a competitividade de um país reside em quatro atributos que criam o ambiente propício à criação de empresas capazes de competir internacionalmente com sucesso:

1. **Condições dos Fatores:** criação de fatores de produção, tais como força de trabalho qualificada ou infra-estrutura, necessárias para competir em uma dada indústria.

A teoria econômica clássica<sup>15</sup> indica a disponibilidade de fatores de produção (trabalhadores, terra, recursos naturais, capital, infraestrutura) como determinantes do fluxo do comércio internacional, na medida em que são exportados os bens que utilizam mais intensamente os recursos em maior abundância em um país. Na visão de Porter, essa noção não é suficiente para explicar o sucesso das nações na economia atual; segundo ele, “uma nação não herda, ao invés disso, cria os mais importantes fatores de produção - tais como recursos humanos qualificados ou base científica”.

<sup>15</sup> Porter se refere aos preceitos de Adam Smith (1723-1790) e David Ricardo (1772-1823) como teoria econômica “*standard*”.

2. **Condições da Demanda:** representa a natureza da demanda interna para os produtos ou serviços da indústria em questão.

Embora possa parecer que a globalização diminuiria a importância da demanda doméstica, na prática, as nações ganham vantagem competitiva em indústrias onde a demanda doméstica fornece uma fotografia clara ou antecipada das necessidades emergentes do comprador, e compradores demandantes pressionam as companhias para inovar mais rapidamente e se sofisticar em relação à concorrência. Neste aspecto, a qualidade da demanda interna é mais significativa que o seu tamanho.

3. **Indústrias de Suporte e Relacionadas:** presença ou ausência no país de indústrias fornecedoras e outras indústrias relacionadas que sejam competitivas internacionalmente.

Fornecedores internacionalmente competitivos que criam vantagens para as indústrias subsequentes na cadeia de produção, tanto em termos de custos e eficiência de entrega dos insumos, quanto – principalmente – pelo acesso a inovação e melhorias, amparados pelo relacionamento.

4. **Estratégia, Estrutura e Rivalidade da Firma:** as condições nas quais as empresas são criadas, organizadas e administradas, assim como a natureza da rivalidade doméstica.

A competitividade em uma indústria específica resulta da convergência das práticas administrativas e modos organizacionais favorecidos pelas circunstâncias e contexto nacionais. Segundo Porter, se há muito capital de risco disponível, favorecem-se indústrias que tem ciclos de valorização de ações no curto prazo, tais como de software e biotecnologia, ao passo que capital estável favorece o fortalecimento de indústrias mais maduras. A rivalidade entre as empresas impulsiona as inovações, e a rivalidade doméstica amplifica este aspecto: não há margem para alegar que o concorrente local tem vantagens “injustas”, muitas vezes atribuídas ao concorrente estrangeiro. Aqui entra ainda um aspecto cultural, que fortalece o capital humano: nações tendem a ser competitivas em atividades que as pessoas admiram, o que pode estabelecer um ciclo virtuoso – o prestígio de uma indústria que atingiu sucesso internacional atrai pessoas qualificadas.

O modelo de Porter considera que as pontas do diamante são interrelacionadas e também autofortalecedoras, formando um sistema. Assim, a competitividade,

segundo Porter, se baseia em quatro *determinantes específicas ao país* e apenas duas variáveis externas: o “acaso” e o governo.

De acordo com Dunning (1993), o modelo de Porter subestima a importância da globalização e de seus efeitos sobre as estruturas das empresas e dos mercados, e, de maneira geral, sobre cada ponta do diamante.

Dunning aponta que, na economia atual, o valor reside cada vez menos em recursos naturais, em comparação aos recursos criados, tais como o capital humano, as várias formas de “estoque de conhecimento”, capacidade tecnológica, sistemas organizacionais, infraestrutura de transporte e comunicações e até políticas governamentais. Muitos desses recursos são intangíveis e pertencem a empresas, independente do país em que se encontram. O atuação crescente de empresas multi ou transnacionais na economia mundial vem redesenhando a alocação dos recursos intangíveis que elas detêm em diferentes países, descaracterizando o “diamante nacional” de Porter.

Além do papel das multinacionais, as relações entre empresas, por meio de alianças ou contratos internacionais, são cada vez menos afetadas por barreiras geográficas. A revolução nas comunicações causada pela internet nas últimas décadas, aumentando a fluidez do “estoque de conhecimentos”, reforça ainda mais os aspectos indicados por Dunning, que propõe uma “internacionalização” do diamante de Porter.

O Fórum Econômico Mundial (WEF, *World Economic Forum*), entidade sem fins lucrativos que se dedica a estudos econômicos em nível global, definia em 2003 a competitividade de nações como sendo “a forma pela qual as nações criam e mantêm um ambiente que sustenta a *competitividade de suas empresas*”. Em 2009 este conceito ganhou uma formulação mais assertiva: “conjunto de instituições, políticas e fatores que determinam a *produtividade* de um país”. Este conceito, em linha com o modelo de Porter, elege a produtividade como indicador máximo da competitividade (WEF, 2003, 2009).

Já de acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, (OECD, *Organisation for Economic Co-operation and Development*), a competitividade de um país é “o grau em que este, sob condições de mercado justas e livres, produz bens e serviços que atendem ao *teste dos mercados internacionais*,

enquanto simultaneamente mantém e expande a renda real de sua população no longo prazo” (OECD, 1996).

As definições destas duas organizações ilustram os dois lados da análise de competitividade: enquanto o conceito do WEF busca os *fatores* que concorrem para a competitividade de um país, ou seja, seus determinantes, o conceito da OECD retrata o *resultado* de uma atuação competitiva no mercado global.

A investigação dos fatores de competitividade pode ser classificada como uma “visão da oferta” (*supply side*), enquanto a determinação do resultado pode ser classificada como uma “visão da demanda” – conforme ilustrado pela Figura 1, na introdução deste trabalho.

Enquanto a visão da oferta tem a produtividade como indicador inequívoco, conforme advogado por Porter, a visão da demanda tem sido menos explorada em trabalhos empíricos - à exceção da aplicação direta de indicadores de competitividade aplicáveis à firma, como participação no mercado, ou volume de exportações.

A despeito disto, a teoria econômica, em especial a econometria, provê ferramentas que permitem o estudo da competitividade de um setor em um dado mercado, pela perspectiva da demanda. O conceito de elasticidade de substituição, inicialmente proposto para investigar a substituíbilidade entre fatores de um processo produtivo, tem sido aplicado como *proxy* de competitividade de setores industriais em estudos recentes: Aghion et al.(2001) usam um fator de substituíbilidade como grau de poder de mercado – entendido como posição competitiva – para modelar o crescimento econômico na presença de processos competitivos baseados em imitação e inovação incremental. Chang e Nguyen (2002) aplicam as elasticidades-preço da demanda e a elasticidade de substituição de Allen-Uzawa para determinar a posição competitiva da Austrália no mercado japonês de algodão. Tang et al. (2008) empregam as elasticidades-preço da demanda e a elasticidade de substituição de Morishima para estudar a competitividade da indústria canadense de celulose e papel nos Estados Unidos.

Neste trabalho admitiremos como medida da competitividade em um determinado mercado o desempenho de uma indústria de acordo com suas elasticidades-preço de demanda e elasticidade de substituição, seguindo Tang et al. Estas ferramentas,

brevemente descritas a seguir, estão em linha com o conceito de competitividade com uma visão da demanda, servindo como *proxy* do “teste do mercado”. Esta abordagem complementa estudos anteriores que apresentam e discutem os determinantes da competitividade brasileira no setor de celulose (JORGE, 1993).

### 3.4 Elasticidade de substituição e elasticidade-preço da demanda

O conceito de elasticidade de substituição foi desenvolvido por Hicks (1970)<sup>16</sup> para medir a facilidade de substituição entre dois fatores de produção, por exemplo, trabalho (salários) e capital (custo de equipamentos).

A informação mais importante que a elasticidade de substituição fornece é a resposta relativa dos fatores a uma mudança em seus preços relativos. Quanto maior a elasticidade, mais fácil haver substituição de um fator por outro. Podemos ilustrar o caso de dois fatores ( $i, j$ ) através da Figura 7.

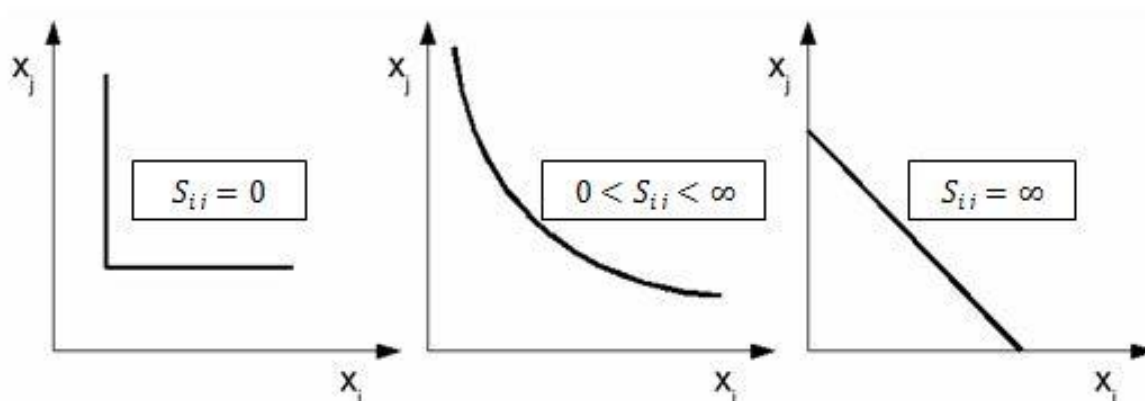


Figura 7. Ilustração da isoquanta dos fatores  $i$  e  $j$  em três diferentes condições de elasticidade de substituição.

A elasticidade de substituição ( $S_{ij}$ ) pode ser entendida como a medida da curvatura da isoquanta<sup>17</sup>. No primeiro caso da Figura 7, em que  $S_{ij} = 0$ , um fator não pode ser substituído pelo outro, assim, qualquer mudança no preço de um fator não vai

<sup>16</sup> A proposição original foi feita em 1932 (Hicks, J. R., *Theory of Wages*, London: Macmillan, 1932).

<sup>17</sup> Isoquanta é a curva ao longo da qual a quantidade demandada do fator  $i$  é igual à quantidade demandada do fator  $j$  em um processo produtivo. Corresponde à curva de indiferença na teoria do consumidor.



acarretar alteração na quantidade demandada do outro fator. No segundo caso, em que  $0 < S_{ij} < \infty$ , é possível a substituição entre  $i$  e  $j$ ; logo, dependendo da curvatura (magnitude de  $S_{ij}$ ), uma maior quantidade  $x_i$  (ou  $x_j$ ) pode ser necessária para substituir  $x_j$  (ou  $x_i$ ) no evento de um aumento de preço de  $j$  (ou  $i$ ). No terceiro caso,  $S_{ij} = \infty$ , os produtos se substituem perfeitamente, sendo possível combiná-los em qualquer proporção.

A partir do conceito de Hicks, muitas generalizações para o caso de mais de dois fatores foram desenvolvidas. Entre os métodos com mais aplicação, destacam-se os de Allen, Allen-Uzawa, McFadden e Morishima.

Os modelos dedicados a analisar as relações de substituição e complementaridade continuam em evolução. A literatura traz diversas contribuições que evidenciam isso: a proposição de modelos alternativos aos tradicionais, como a abordagem de Thompson (1997), que apresenta um modelo de elasticidade bilateral cujos resultados, mais próximos aos da elasticidade-preço cruzada, representariam uma vantagem em relação à abordagem de Morishima; proposições de modelos mais abrangentes a partir daqueles já consagrados, como é o caso de Davis e Shumway (1996), que identificaram que o modelo de Morishima não se aplica sob condições não homotéticas (por exemplo, no caso de ganho de escala ao longo do tempo) e para superar esta limitação desenvolveram um modelo a que chamaram FRES (*factor ratio elasticity of substitution* – elasticidade de substituição da razão dos fatores), do qual o modelo de Morishima seria um caso especial<sup>18</sup>; e ainda, na

---

<sup>18</sup>Este é um debate especialmente interessante na literatura: Blackorby e Russell, os principais defensores do modelo de Morishima, chegaram à sua descrição de forma independente, porém posterior, ao desenvolvimento feito por Morishima, que publicara o texto original em japonês 9 anos antes. Frente à profusão de modelos que se apresentavam na literatura nos anos seguintes, em 1989 a dupla publicou um artigo com o instigante título “*Will the real elasticity of substitution please stand up?*”, ou, em tradução livre, “A verdadeira elasticidade de substituição poderia se apresentar, por favor?”. E finalmente, 11 anos após a proposição do FRES por Davis e Shumway, Blackorby, Primont e Russell publicam uma revisão do modelo de Morishima para o caso de não-homoteticidade, que coincide com o modelo FRES. No artigo, os autores reconhecem, em nota de rodapé, que a abordagem já havia sido feita por Davis e Shumway.

literatura mais recente, novas interpretações e classificações dos modelos (KLUMP; PREISLER, 2000, BERTOLETTI, 2005).

Em meio a tantas contribuições, Stern (2004) faz uma revisão da teoria que fundamenta os principais modelos de substituição e argumenta que não há um modelo verdadeiro e único, mas sim diferentes definições legítimas. O autor defende que o uso de cada modelo depende do que se deseja medir em cada caso, e o trabalho consiste em uma ferramenta útil para nortear esta escolha.

Em linhas gerais, a diferença mais marcante entre o modelo de Morishima e os demais mencionados, é o fato deste apresentar assimetria. Ou seja, no caso de dois fatores A e B, a facilidade de substituir A por B não é igual à facilidade de se substituir B por A. Já nos modelos de Allen, Allen-Uzawa e MacFadden, a elasticidade de substituição calculada é bidirecional. Em função disto, tem havido maior convergência em torno do uso do modelo de Morishima para análise de substituição, uma vez que a assimetria descreve com maior propriedade o comportamento econômico real.

A elasticidade de substituição é calculada a partir das elasticidades-preço da demanda. A elasticidade-preço da demanda dá informações sobre a resposta do mercado, em termos de demanda por um bem, frente a uma alteração de seu preço (elasticidade-preço direta) ou a uma alteração do preço de um bem concorrente (elasticidade-preço cruzada). Tanto a elasticidade-preço direta quanto a cruzada são elasticidades compensadas, ou seja, não incluem o efeito da mudança de preço no nível geral de consumo, apenas o impacto da alteração de preço de um dos fatores. Não medem, portanto, a substituíbilidade entre um par de fatores, mas agregam informações relevantes para a compreensão da *dinâmica concorrencial*.

As elasticidades-preço de demanda e a elasticidade de substituição podem ser determinadas a partir da descrição de um mercado em termos de uma função de produção translog.

### 3.5 Função de produção translog

Em um processo produtivo, a relação entre as entradas (insumos, serviços, capital, etc.) e as saídas (produtos) é sumarizada pela função de produção. Mais especificamente, a função de produção descreve a quantidade de produto obtido como uma combinação dos fatores de produção. Por sua natureza, a função de produção reflete as leis do universo físico e da tecnologia (BERNDT, 1991).

A função de produção logarítmica transcendental, usualmente chamada de função de produção translog, é baseada em uma aproximação de segunda ordem de uma função de produção arbitrária que não apresenta restrições às elasticidades de substituição (CHRISTENSEN et al., 1971). Assumindo-se uma condição ideal em que a firma se adapta instantaneamente a mudanças de preços, o método permite boas previsões dos efeitos causados pela mudança de preço de um fator na demanda geral por aquele fator em uma determinada indústria. Analogamente, o método permite prever os efeitos causados pela mudança de preço de um produto originário de um país específico na demanda geral por aquele produto em um determinado mercado, como feito por Nagubadi et al. (2004) para analisar a dinâmica concorrencial de produtos de madeira nos Estados Unidos.

É frequente o caso em que se analisa apenas um subconjunto das entradas na função de produção. Nesse caso é necessário assumir que a tecnologia ligada à produtividade é separável por tipo de entrada. Isso é admissível no caso da produção de papel, com relação à matéria-prima “polpa de celulose”, como feito por Tang et al. (2008) ao analisar o mercado de celulose e papel no Estados Unidos. Neste caso, assume-se o preço da polpa como função do país de origem e obtém-se uma função de subcusto  $C^c = f(P_1, \dots, P_n, Q^c)$ , onde  $C^c$  é o custo total da polpa de celulose,  $P_i$  é o preço da polpa do país  $i$  e  $Q^c$  é o consumo agregado de polpa no mercado (país ou região de destino da polpa) considerado.

Cada função de subcusto depende apenas do preço ou do subconjunto de preços das  $n$  entradas. Para evidenciar o efeito de substituição da matéria-prima de diferentes países, o total demandado de polpa é mantido constante, como proposto por Fuss (1977). Assim, a demanda por polpa pode ser expressa em termos de participações (*shares*) dos diferentes países no consumo total de polpa do mercado estudado. A partir desta expressão e de posse dos dados referentes às

participações e preços de polpas de diferentes países no mercado dos Estados Unidos entre janeiro de 1999 e julho de 2007, Tang et al. (2008) estimaram os coeficientes que descrevem a função de subcusto. Através dos coeficientes estimados, os autores calcularam as elasticidades-preço e elasticidade de substituição entre as polpas canadense e brasileira, e entre estas e de outros países, a fim de avaliar a competitividade da indústria canadense de celulose e papel.

Neste trabalho usaremos a mesma metodologia para medir os resultados da indústria brasileira de celulose em diferentes mercados.

### **3.6 Estudos da competitividade da indústria brasileira de celulose**

Em função de sua importância para a economia do País, o setor brasileiro de celulose já foi objeto de vários estudos anteriores, tanto por parte da comunidade acadêmica como de entidades de financiamento e suporte a políticas públicas, notadamente o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES.

Há trabalhos com orientações e recortes diversos, permitindo a construção de um panorama detalhado sobre o setor brasileiro de celulose<sup>19</sup>. Porém, a fim de evidenciar a contribuição do presente trabalho, detalharemos a seguir somente os trabalhos com foco específico na análise da competitividade da indústria brasileira de celulose.

O enfoque do BNDES, em linha com seu papel e objetivos, é o de diagnóstico do setor e recomendações para a garantia de competitividade. Neste sentido, Mattos e Valença (1999) reconhecem que o alto nível da tecnologia florestal, além das vantagens climáticas e da extensão territorial, são fatores determinantes da competitividade brasileira. Os autores associam competitividade setorial a escala de

---

<sup>19</sup> Destacamos alguns trabalhos que permitem uma visão mais completa do setor, agrupando-os segundo suas linhas de pesquisa: (a) análise das demandas e pressões ambientais sobre a indústria (CORAZZA, 1996, HILGEMBERG; BACHA, 2003); (b) análises comparativas de práticas e custos das empresas que compõem o setor (ROCHA, 2006, CARIDADE, 2006 CASELLA, 2008), (c) análise da organização da indústria (PIZZOL; BACHA, 1998, da SILVA, 2000); (d) trabalhos sobre aprendizado e capacitação tecnológica no setor (FIGUEIREDO, 2008, 2009), (e) trabalhos sobre a tecnologia e inovação na indústria de celulose brasileira (BARRICHELLO, 2005, BRASIL, 2002, MONTEBELLO; BACHA, 2009).

produção, usando como indicador o *ranking* mundial de produtores e exportadores de celulose por quantidade e posicionando o em 7º lugar mundial. Das Dores et al. (2007) usam os mesmos indicadores (Brasil em 7º lugar mundial em capacidade de produção de celulose), porém apresentam também a posição brasileira no *ranking* de produtores de celulose de fibra curta (Brasil em 1º lugar mundial).

Uma abordagem abrangente e profunda da competitividade desta indústria foi feita em 1993, em um consórcio entre o Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, o Instituto de Economia Industrial da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Fundação Dom Cabral e a Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior (JORGE, 1993). Neste estudo foram levantados os *fatores determinantes da competitividade* da indústria brasileira por meio de um estudo de campo no nível das firmas, com indicadores objetivos de desempenho, eficiência produtiva e capacitação. Foi também feita a caracterização da indústria em uma perspectiva histórica do setor no Brasil e no mundo. Neste retrato do início dos anos 1990, o Brasil ocupava a 6ª posição mundial em produção de celulose de mercado, com 1,7 milhão de toneladas, o que equivale a 5% do *market share* global. Sumarizamos os aspectos críticos para a competitividade identificados neste estudo na Tabela 3, lembrando que ilustra o início dos anos 1990, e que evoluções ocorreram desde então, como veremos em capítulos posteriores.

**Tabela 3. Aspectos positivos e negativos dos fatores determinantes da competitividade do setor brasileiro de celulose de mercado no início dos anos 1990.**

Aspectos positivos	Aspectos negativos
Fatores internos às empresas	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- alta qualificação nas altas e médias gerências;</li> <li>- parque tecnológico atualizado;</li> <li>- alta eficiência produtiva;</li> <li>- p&amp;d florestal sólida, apta a inovar;</li> <li>- potencial financeiro (emissão de ADRS's);</li> <li>- alto padrão de controle ambiental;</li> <li>- empresas aptas a adotar ECF ou TCF.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pouca utilização de técnicas organizacionais;</li> <li>- controle da qualidade limitado;</li> <li>- relação não-interativa com fornecedores;</li> <li>- p&amp;d industrial muito pequeno e restrito;</li> <li>- alto endividamento a curto prazo;</li> <li>- defasagem tecnológica no processo de branqueamento.</li> </ul>
Fatores estruturais	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- escalas operacionais adequadas;</li> <li>- integração vertical com a floresta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- empresas pequenas no ranking global;</li> <li>- distância dos mercados consumidores.</li> </ul>
Fatores sistêmicos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- infra-estrutura física das próprias empresas (já instaladas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- falta de infra-estrutura disponível para novos projetos.</li> </ul>

Fonte: JORGE, 1993.

Hilgemberg e Bacha (2003) analisam a evolução histórica da indústria brasileira de celulose e o papel das políticas públicas na formação de um setor exportador competitivo no mercado mundial. Os autores caracterizam detalhadamente o setor brasileiro, especificam a posição do Brasil no ranking dos produtores com relação ao mercado total de celulose (7º lugar, à época) e destacam sua liderança na produção e exportação de celulose de fibra curta. Aqui, a abordagem evolucionista do setor para explicar sua competitividade é complementada por uma perspectiva de mercado, com uma caracterização dos principais importadores quanto ao volume de celulose importado e a capacidade de produção de celulose e papel. Hilgemberg e Bacha valem-se da alta concentração do setor e indicam os principais concorrentes da fibra curta brasileira no mercado mundial *no nível das firmas*. No panorama formado pelos autores, as grandes exportadoras brasileiras da época (Aracruz, Bahia Sul, Cenibra, VCP e Riocell)<sup>20</sup> competem entre si, com as espanholas Ence e Celbi, e com a portuguesa Portucell.

Carvalho, Silva e Soares (2009) analisam a competitividade do Brasil no mercado internacional de celulose no período de 2000 a 2006. Assim como Hilgemberg e Bacha, os autores usam uma perspectiva de mercado e identificam os principais concorrentes. Neste caso, porém, a análise da concorrência não é feita no nível das firmas, mas no nível agregado por país. Carvalho, Silva e Soares avançam na abordagem quantitativa, e usam como ferramenta metodológica os índices de Vantagem Comparativa Revelada (VCR) e Posição Relativa no Mercado (PRM), ambos delineados a partir da lei da vantagem comparativa<sup>21</sup>. Os resultados, referentes ao ano de 2006, posicionam o Brasil como segundo colocado em PRM, atrás do Canadá, e em terceiro em VCR, atrás de Chile e Finlândia.

---

<sup>20</sup> Até o momento da elaboração deste trabalho, apenas a Cenibra, entre as empresas apontadas, havia mantido sua estrutura societária inalterada em relação 2003. Bahia Sul passou a integrar o grupo Suzano; Aracruz e VCP se fundiram, criando a Fibria; e a Riocell, após pertencer à Aracruz, passou a integrar a chilena CMPC.

<sup>21</sup> A lei da vantagem comparativa, proposta por Ricardo no começo do século XIX e revisitada por Krugman no fim do século XX, se refere à habilidade de um ente (indivíduo, firma ou país) produzir um determinado bem ou serviço a um custo de oportunidade inferior a outro ente. Veja "*Ricardo's Difficult Idea*," trabalho apresentado por Paul Krugman na Manchester Conference on Free Trade, em março de 1996, disponível em <http://web.mit.edu/krugman/www/ricardo.htm>.

O índice VCR é a relação entre o valor unitário de exportação de um produto para um dado país e o valor unitário médio de exportação mundial desse produto. O índice PRM indica o ranking internacional do país para um dado produto, considerando o resultado da balança comercial no país (neste caso, o total exportado de celulose menos o total importado de celulose) em relação ao total do produto transacionado em todo o mundo.

Assim como a maior parte dos autores que tratam este setor industrial por uma ótica estritamente econômica, também no trabalho de Carvalho, Silva e Soares o ambiente concorrencial é definido considerando-se polpa de celulose como uma *commodity* indivisível. Ou seja, na análise quantitativa não é feita diferenciação entre países produtores de polpa de fibra curta ou de fibra longa, ainda que sejam feitas considerações muito pertinentes a respeito da produtividade das espécies vegetais tipicamente usadas como matéria-prima nos diferentes países ao longo do texto. Este recorte não invalida os resultados encontrados – em especial para vantagem comparativa revelada, uma vez que é uma expressão de valor – mas pode levar a uma leitura imprecisa da *posição relativa no mercado* para alguns países.

A imprecisão se deve ao fato de que a balança comercial de celulose para um país está mais ligada à sua estrutura de produção de papel do que a vantagens comparativas na produção de celulose. Isto porque a maior parte dos papéis demanda como matérias-primas tanto fibra longa quanto fibra curta (em proporções variáveis), a fim de apresentar os atributos técnicos específicos ao seu uso final. Assim, um país pode apresentar vantagens comparativas para a produção de polpa de fibra curta, por exemplo, mas não de fibra longa. O que vai determinar o nível de importação desta outra fibra não se relaciona à sua capacidade de produzir celulose a um custo de oportunidade inferior, mas sim, ao nível da produção doméstica de papel e o tipo de papel produzido.

Em outras palavras, quando consideramos como um único produto a polpa de celulose de fibra curta e a de fibra longa, tratamos como substitutos produtos que apresentam um grande grau de complementaridade<sup>22</sup>, e esta tratativa introduz um viés nos resultados de análise comparativa.

---

<sup>22</sup> O nível técnico de substituição possível entre fibra longa e curta é específico no nível da máquina de papel, e sua exploração vai além do escopo deste trabalho.

Neste trabalho abordamos a competitividade do setor brasileiro com uma perspectiva de mercado, mas com foco centrado na polpa de celulose de fibra curta para fabricação de papel. Serão empregadas ferramentas econométricas para diagnosticar as dinâmicas de concorrência, e serão considerados os aspectos técnicos do produto brasileiro e dos concorrentes a fim de aumentar o nível de explicação das dinâmicas encontradas. Aqui, avaliamos o *desempenho* competitivo do setor industrial brasileiro de celulose (em oposição a uma análise com foco nos seus fatores determinantes), e atualizamos as discussões sobre os mercados consumidores, que sofreram uma mudança geográfica considerável com a entrada da China como *player* global. Adicionalmente, discutimos a entrada da Indonésia como concorrente, questão ainda não abordada na literatura.

### **3.7 Formação e evolução dos sistemas setoriais de celulose**

Segundo Nelson e Winter (1982), a visão evolucionista da economia tem como foco “o processo dinâmico pelo qual os padrões de comportamento da firma e os resultados de mercado são determinados em conjunto ao longo do tempo”. Seguindo esta ótica, retratamos a seguir o processo de formação e evolução da indústria de celulose no Brasil, na Indonésia e no Canadá.

#### **3.7.1 Sistema setorial de celulose no Brasil**

Até a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) toda a matéria-prima do papel feito no Brasil era exclusivamente importada de países com tradição nesse setor, como Estados Unidos, Canadá e Suécia. Em função das perturbações da guerra sobre o comércio internacional, o Brasil estabeleceu políticas de autossuficiência, incluindo incentivos para o desenvolvimento e produção de celulose no País (TOIVANEN, 2004).

Como as espécies tradicionalmente usadas na fabricação de celulose eram típicas do Hemisfério Norte, havia a necessidade de se identificar uma espécie com as características silviculturais adequadas – ou seja, que se desenvolvesse bem em nosso clima e solo –, e que também atendesse aos requisitos mínimos para a fabricação de papel.

Além de um decreto, em 1940, de financiamento com baixa taxa de juros para a instalação de novas fábricas (ABTCP, 2004), o governo patrocinou uma grande área



de *plantio* em Minas Gerais. A política governamental incluía incentivos fiscais para empresas que *desenvolvessem pesquisa em novas fontes de fibras*, estabelecimento de uma nova política de *reflorestamento* e criação de *institutos de pesquisa setoriais*.

O eucalipto, uma espécie folhosa originária da Austrália, havia sido introduzido no Brasil em 1864, para atender a indústria ferroviária. No começo do século XX, trabalhos de melhoramento e adaptação levaram à obtenção de 12 espécies de eucalipto particularmente adaptadas para o Brasil, bem como a formação de plantios. Algumas experiências haviam sido feitas com o eucalipto para a obtenção de celulose para papel na década de 1920, mas não surtiram interesse, dada a preferência pelo uso de polpa importada feita com fibra longa (espécies de coníferas, como o pinheiro). Com a necessidade de substituição da matéria-prima, os esforços de pesquisa e desenvolvimento de celulose de eucalipto se intensificaram, levando à obtenção do primeiro papel feito exclusivamente de eucalipto em 1953 (BACHA, 2003).

Nos anos que se seguiram o sistema setorial foi se fortalecendo: em 1960 foi criada a primeira escola de ciência florestal na Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, formando técnicos de alto nível; em 1968 foi criado o IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, que ainda hoje é peça-chave para a integração entre universidades, centros de pesquisa, setor empresarial e instituições governamentais e não-governamentais (IPEF, 2004).

O papel do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES, também foi fundamental para a consolidação de um sistema setorial de inovação: a partir de 1968 o banco promoveu a especificação de padrões técnicos e estabeleceu requisitos mínimos para a concessão de financiamentos para o setor.

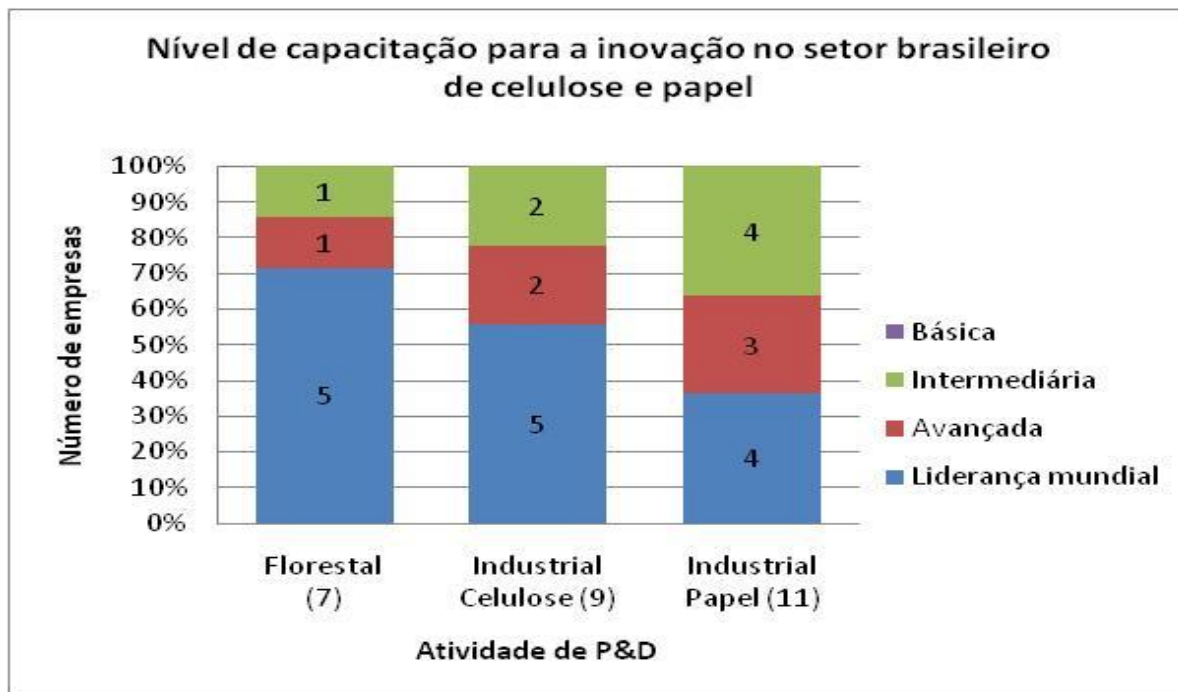
Fleury (1990) aponta que, no Brasil, o governo tem importância histórica na promoção da capacitação tecnológica industrial, que usualmente ocorre no ambiente estatal ou em multinacionais. No caso do setor de celulose, ainda que o papel do governo tenha sido fundamental para a criação de um ambiente institucional favorável à inovação, as empresas privadas nacionais contribuíram para a extensão do processo inovativo.

A partir dos anos 1980, novos entrantes valeram-se do ambiente institucional criado para multiplicar a capacidade produtiva de celulose. A Aracruz, em particular, foi projetada internacionalmente pelo pioneirismo no desenvolvimento de plantações clonais de eucalipto, que valeu a seus pesquisadores o prêmio Marcus Wallenber, conferido anualmente pela empresa sueca Stora Kopparberg como reconhecimento às conquistas científicas e tecnológicas no setor florestal (IPEF, 1984). Segundo Toivanen e Lima-Toivanen (2009), esta empresa definiu o papel da responsabilidade ambiental e social como condição para a viabilidade das indústrias de base florestal no Brasil, orientação que exige processo contínuo de inovação. O manejo florestal sustentável de eucalipto, que logo se tornou um padrão nas atividades florestais de todos os produtores de celulose brasileiros, antecipou uma tendência que só se verificaria nos resto do mundo anos depois: a certificação de florestas sustentáveis para a produção de celulose (MANHÃES et al., 2006).

O compromisso do setor com os aspectos ambientais também se verifica nas inovações incorporadas aos processos industriais. Segundo Corazza (1996), a questão ambiental foi incorporada às estratégias dos agentes do setor de celulose e papel tanto como redutor de custos no uso de recursos como água e energia, quanto como elemento de construção de vantagens competitivas. O exemplo mais contundente do aproveitamento de capacitações para obter vantagens competitivas foi a *velocidade de adaptação* dos processos de branqueamento, com a substituição do cloro elementar por outros agentes branqueadores. Esta inovação foi adotada e disseminada rapidamente em todo o setor brasileiro, ao contrário do que se observou no Canadá e nos Estados Unidos.

Um dos avanços mais recentes no processo de inovação desse setor diz respeito às pesquisas no sequenciamento do genoma do eucalipto. O Projeto Genolyptus ilustra a natureza coordenada e cooperativa do sistema de inovação setorial brasileiro, congregando as principais empresas, associações, universidades e institutos de pesquisa ligados ao setor florestal (GRATTAPAGLIA, 2004). Toivanen e Lima-Toivanen (2009) classificam o estágio atual do setor de celulose brasileiro como a “segunda geração do sistema de inovação” e reconhecem o ciclo de desenvolvimento iniciado na segunda metade do século passado como um processo clássico de inovação Schumpeteriana.

Em um trabalho empírico conduzido por Figueiredo (2010) sobre o setor, incluindo empresas integradas de celulose e papel, foi identificado alto nível de capacitação para a inovação, principalmente na atividade florestal (Figura 8).



**Figura 8. Capacitação para inovação do setor brasileiro de celulose e papel. Os números indicam quantas empresas se classificam em cada categoria; entre parênteses está o total de empresas avaliadas em cada atividade. Fonte: adaptado de Figueiredo, 2010.<sup>23</sup>**

Em um artigo sobre inovações radicais na composição da matéria-prima do papel, Lehtonen (2005) provoca com o subtítulo: “Por que os fabricantes de celulose não podem deitar sobre os louros” (livre tradução de “*Why pulp producers cannot rest on their laurels*”). O autor relembra a imagem negativa que os produtores de celulose brasileiros tinham no início de sua operação, quando os consumidores associavam à polpa brasileira a imagem de destruição da floresta amazônica, e descreve, do ponto de vista de um fabricante de papel nórdico, como a polpa de eucalipto saiu da posição de “baixo custo/baixa qualidade” para uma posição de “alto valor/alta qualidade”, ultrapassando a tradicional polpa de bétula (também fibra curta) em menos de quinze anos.

<sup>23</sup> O critério usado por Figueiredo para a classificação consta do Apêndice I.

Em função desta trajetória, autores como Katz (2000), Figueiredo (2008, 2009) e Toivanen e Lima-Toivanen (2009) usam o setor brasileiro de celulose como um paradigma de sistema de inovação dinâmico e de acumulação de capacidades.

### **3.7.2 Sistema setorial de celulose na Indonésia**

Historicamente, a indústria de celulose e papel na Indonésia começou durante a era colonial holandesa. As primeiras fábricas foram construídas em 1923, usando palha de arroz como matéria-prima. Com a independência da Indonésia em 1945, o governo construiu várias fábricas de papel e a indústria de celulose se desenvolveu lentamente até meados da década de 70, quando políticas de substituição de importação com taxas protecionistas fomentaram o estabelecimento da produção doméstica, provocando um salto na capacidade instalada de cerca de 60.000 para cerca de 600.000 toneladas por ano (VAN DIJK; BELL, 2007, HIDAYAT, 2007).

O papel do governo foi muito significativo para as indústrias de celulose e papel, em especial durante a ditadura de Suharto, de 1967 até 1998. Segundo Hidayat (2007) o principal compromisso do regime Suharto era com a estabilidade política. Como o governo controlava todos os recursos naturais, estes eram usados como moeda de troca política, beneficiando alguns grupos no curso do estímulo à economia. Os incentivos governamentais ao setor de celulose e papel contemplavam facilidades de acesso ao capital, concessões de licenças e disponibilização de florestas nativas para exploração comercial.

Em meados da década de 1980 essa política de industrialização foi mais intensa, resultando em novo salto de capacidade no setor, com novos entrantes que investiram pesadamente em tecnologia. Este salto elevou a Indonésia a uma posição entre os grandes competidores no mercado internacional já na década de 1990 (VAN DIJK; SZIRMAI, 2006).

Até o final do século XX a matéria-prima usada nas fábricas era exclusivamente proveniente de florestas tropicais nativas, frequentemente obtida por exploração ilegal (BARR apud VAN DIJK; BELL, 2007). Gradativamente, algumas áreas exploradas foram replantadas, dando-se preferência à acácia, uma espécie de folhosa (SONNENFELD, 1998). Segundo Hidayat (2007), várias entidades apontam

para o uso, ainda hoje, de florestas nativas em conjunto com a madeira plantada. Este tem sido o maior entrave à obtenção de certificações florestais por parte das empresas indonésias no setor.

Quanto ao impacto ambiental das atividades industriais, Sonnenfeld (1998) destaca que, em franco contraste com a prática florestal predatória, as tecnologias adotadas no processo industrial são de baixo impacto ambiental, em linha com as melhores práticas disponíveis. Segundo ele, a adoção dessas tecnologias não se deu por uma questão de princípios ou estratégia do empresariado, mas pela articulação do ministro da Agência de Gerenciamento do Impacto Ambiental da Indonésia ao atrair investimentos para o setor na década de 1990, agindo sob a pressão de movimentos sociais motivados por um desastre ambiental de grandes proporções em uma fábrica de celulose local.

A respeito da tecnologia industrial, van Dijk e Bell (2007) apontam que nas maiores empresas são alcançados altos níveis de eficiência operacional, mas que isto se deve à presença de engenheiros e gerentes expatriados, sem formação de capacitação local. Além disso, os níveis de excelência são observados apenas em poucos grupos que detêm a maior capacidade instalada, não havendo coordenação de atividades no setor. Segundo os autores, essas características, aliadas à falta de infraestrutura para educação e atividades de pesquisa e desenvolvimento, limitam e fragmentam a assimilação de tecnologia no setor de celulose e papel da Indonésia.

### **3.7.3 Sistema setorial de celulose no Canadá**

A indústria de celulose se estabeleceu no Canadá pouco depois do surgimento dos processos de polpação na metade do século XIX. Há registros de fábricas de celulose canadenses baseadas tanto em polpação mecânica quanto química entre 1860 e 1870. A produção de papel já tinha importância no país: desde a construção da primeira fábrica de papel canadense à base de trapos em 1805, muitas outras já haviam se estabelecido próximo aos grandes centros. Assim, o casamento da demanda interna com a abundância de floresta nativa, usada como matéria-prima, impulsionou o setor (MINNES, 2010).

Os primeiros movimentos de conservação das florestas tiveram início ainda em 1900, com a criação do *Dominion Forest Service*<sup>24</sup>, posteriormente chamado de Associação Florestal Canadense (CFA, *Canadian Forestry Association*). O grupo, que até hoje opera como uma organização não-governamental, foi então formado por representantes da indústria e do governo com o objetivo promover boas práticas florestais, além de coletar e disseminar informações de interesse do público a respeito das florestas. Naturalmente, o conceito de “boas práticas florestais” no início do século XX não se aproxima do conceito vigente no século XXI, mas este foi o primeiro passo de muitos outros para se criar um corpo de conhecimento sólido acerca das questões florestais, bem como da indústria de celulose do Canadá.

Outro passo nessa direção foi dado em 1913, quando o governo canadense estabeleceu o Laboratório de Produtos Florestais, numa cooperação entre governo, universidade e indústria, com sede em prédio próprio no campus da Universidade McGill, em Montreal. Alguns anos depois, uma outra base do laboratório foi estabelecida na Universidade de British Columbia, na costa oeste. As áreas de investigação eram física das toras, testes de toras, preservação e destilação da madeira, e celulose e papel.

Segundo Kuhlberg (2009), no começo do século XX o Canadá era o lugar perfeito para a produção integrada de papel imprensa: tanto na costa leste quanto oeste havia muita disponibilidade de madeira, além de grandes rios para geração de energia. Além disso, a presença de ferrovias transcontinentais facilitava o acesso às matérias-primas e o escoamento da produção. Em 1913, os Estados Unidos eliminaram a tributação do papel imprensa que entrava no país. Isto alavancou toda a cadeia de produção canadense, que aumentou a parcela destinada à exportação. Ao final da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), o Canadá se tornou o maior exportador mundial de celulose (MINNES, 2010).

Nos anos 1920 a indústria canadense experimentou um crescimento rápido de capacidade, acompanhado de uma série de fusões (BOOTHMAN, 2000). Nesta época, a Associação Canadense de Celulose e Papel (atual FPAC, *Forest Products*

---

<sup>24</sup> A expressão *Dominion Forest Service*, em tradução direta, “Serviço das Florestas do Domínio”, faz referência ao domínio da coroa britânica, da qual a monarquia do Canadá faz parte.

*Association of Canada*), que congregava os fabricantes do setor, estabeleceu um acordo com o governo federal para a criação de um instituto de pesquisa específico, assumindo a área de celulose e papel que era conduzida pelo Laboratório de Produtos Florestais. Assim teve início o Paprican (*Pulp and Paper Research Institute of Canada*, Instituto de Pesquisa em Celulose e Papel do Canadá), que manteve sua base em Montreal e posteriormente Pointe Claire, ambos na Província de Québec (CLITES, 1992). As atividades de pesquisa relacionadas a madeira e a questões florestais conduzidas na costa leste foram transferidas de Montreal para Ottawa, mantendo-se ainda a unidade da costa oeste. A partir daí, a separação entre pesquisa florestal e industrial nos institutos de pesquisa canadenses foi um padrão que se manteve até recentemente .

O final dos anos 1920 não apresentou mudanças só na configuração da rede de pesquisa canadense: ao final da década, várias empresas demonstravam dificuldades, agravadas pelo *crash* do mercado financeiro em 1929. Em 1932 metade dos produtores de celulose e papel estavam falidos, e os demais ficaram à beira da insolvência (BOOTHMAN, 2000). O fim da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) levou à recuperação dos níveis de operação e promoveu a expansão da capacidade, uma vez que parte do suprimento de polpa da Europa para os Estados Unidos estava indisponível.

Os anos 1960 marcaram um novo salto em expansão de capacidade da indústria, em especial de polpa kraft branqueada para atender o mercado mundial, e grandes áreas de floresta foram disponibilizadas pelo governo para exploração comercial. Foi também a partir desta época que alguns setores da sociedade começaram a se dar conta de que as áreas florestais não eram um recurso ilimitado e o impacto das operações do setor passaram a ser alvo da crítica pública e de políticas específicas (MCROBERTS, 1988). A indústria começou a adotar o conceito de florestas multi-uso: as árvores vão das florestas às serrarias, e o resíduo destas são usados nas fábricas de celulose. Outra medida introduzida foi a “colheita seletiva”. Esta se baseia na remoção de algumas árvores segundo um mapeamento prévio, com vistas a permitir a continuidade da floresta e da biodiversidade no local explorado

(SHARMA; HENRIQUES, 2005). Ainda assim, o *clearcutting*<sup>25</sup>, que consiste em remover todas as árvores em áreas extensas, continuou a ser a prática mais comum de colheita ainda por várias décadas (KIBEL, 1995).

Na segunda metade do século XX, a despeito das práticas florestais, o Canadá era referência mundial no setor. A interação governo-indústria-universidade foi muito bem sucedida na formação de profissionais qualificados e na geração de tecnologia industrial. A difusão das novas tecnologias não se limitava às fábricas canadenses. Em linha com instituições de pesquisa na Suécia e na Finlândia – também estes, polos geradores de tecnologia para a indústria de celulose – muitos dos desenvolvimentos do Paprican foram licenciados para fornecedores da indústria no nível global, e fazem parte das operações de fábricas ao redor do mundo<sup>26</sup>.

No entanto, ao longo da última década, a indústria canadense vem enfrentado uma série de dificuldades, que se traduzem em redução da capacidade instalada. Além do parque industrial antigo e da dificuldade de atrair novos investimentos, em 2005 o setor enfrentou redução da disponibilidade de matéria-prima. Mais de 90% do abastecimento das fábricas é feito a partir de licenças de uso de áreas florestais públicas (“*crown lands*”). O governo canadense reduziu as áreas licenciadas numa tentativa de tornar a atividade mais sustentável, o que tornou várias plantas economicamente inviáveis, levando a fechamentos.

### **3.8 Aspectos morfológicos das fibras**

A qualidade das polpas celulósicas é indicada por vários atributos, como nível de alvura, limpeza, umidade<sup>27</sup>, e uma série de características físico-químicas

---

<sup>25</sup> Hoje amplamente condenado como prática florestal, o *clearcutting* contou com a simpatia de muitos cientistas na primeira metade do século XX – que enxergavam nesta prática efeitos similares aos de incêndios espontâneos, fenômeno frequente nas florestas boreais; por analogia, esta seria a prática mais próxima a um evento natural.

<sup>26</sup> Uma lista das soluções licenciadas e das tecnologias disponíveis para licenciamento pelo Paprican encontra-se em [www.fpinnovations.ca](http://www.fpinnovations.ca), na seção “Pulp and Paper Division”.

<sup>27</sup> As metodologias para determinação destas características seguem os padrões ISO ou TAPPI, e os valores usuais são: alvura  $\geq 90\%$  ISO, sujeira  $\leq 5$  ppm e umidade 10% (umidade considerada padrão para comercialização).



controladas no processo industrial. Todas as características físico-químicas são importantes para o correto processamento da polpa na fabricação do papel, porém as características morfológicas das fibras que compõem a polpa têm maior impacto sobre as propriedades físicas do papel produzido (HORN, 1978).

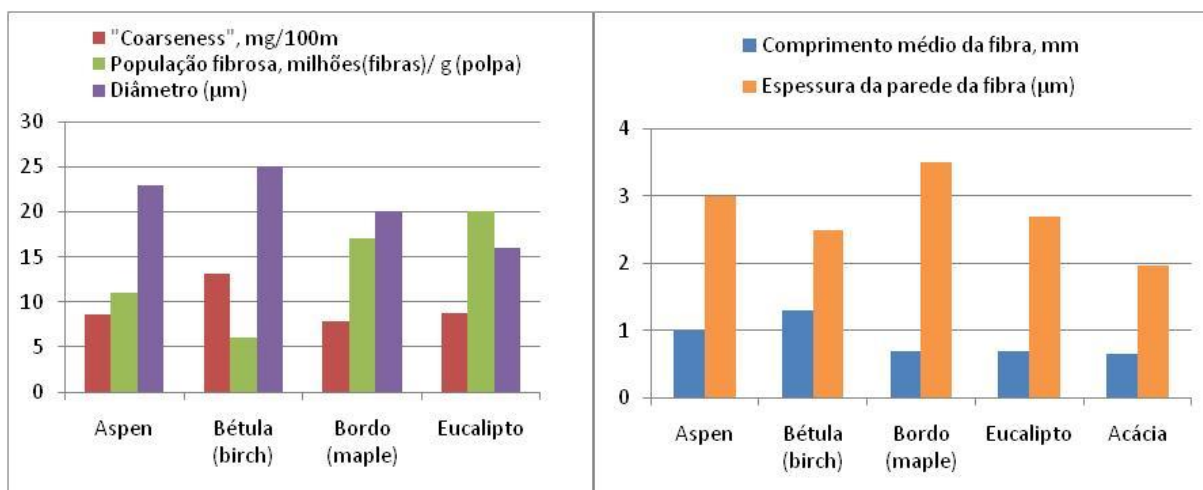
Um exemplo da importância da morfologia da fibra é a diferenciação entre polpas de fibra longa (que têm como matéria-prima coníferas) e polpas de fibra curta (feitas a partir de folhosas), que definem duas diferentes classes de *commodities*<sup>28</sup> dentro do grupo de polpas kraft branqueadas: BHKW e BSKP, respectivamente *bleached hardwood* (folhosas) e *bleached softwood* (coníferas) *kraft pulp*. Espécies folhosas apresentam fibras com comprimento médio geralmente inferior a 1,5 mm, enquanto coníferas apresentam fibras mais longas.

As polpas kraft de fibra longa apresentam maior resistência que as de fibra curta. Por outro lado, as polpas de fibra curta conferem outras qualidades ao papel, como superfície mais lisa e opacidade. Por esta razão, a maior parte dos papéis é feita a partir de uma mistura entre estes dois tipos de polpa, com percentuais definidos em função do tipo de papel que se pretende produzir.

A diferença de morfologia não é marcante apenas entre coníferas e folhosas. Entre as espécies de folhosas existe uma grande variação de características morfológicas, conforme ilustrado pela Figura 9. Por esta razão, polpas produzidas a partir de uma única espécie apresentam menor variabilidade morfológica, e conseqüentemente, provocam menor variabilidade das propriedades físicas do papel final.

---

<sup>28</sup> O índice geral de preços de celulose divulgado pela FOEX (PIX price), disponível em [www.foex.fi](http://www.foex.fi), indica dois índices: NBSK (*Northern Bleached Softwood Kraft*) para polpa de coníferas (*softwood*), e BHKP (*Bleached Hardwood Kraft Pulp*) para polpa de folhosas (*hardwoods*).



**Figura 9. Características morfológicas das fibras em diferentes espécies de folhosas usadas na produção de celulose. Fontes: Aspen, bétula e bordo: PULKKINEN et al. (2009); acácia: BURMAN (2006); eucalipto: FOELKEL (2009b).**

Até o final da década de 1970, as polpas disponíveis no mercado global eram aquelas produzidas na Escandinávia, na América do Norte e na Península Ibérica. A matéria-prima utilizada nestes países é essencialmente retirada de formações florestais naturais, compostas de diferentes espécies e ainda com diferentes idades, o que contribui ainda mais para a variabilidade morfológica.

A partir da década de 1980 entraram no mercado as polpas brasileiras, feitas a partir de uma única espécie de folhosa, o eucalipto. Ao invés de florestas naturais, a madeira neste caso provém de plantações, assim as colheitas passaram a ser feitas com uma idade média definida. Assim, as fibras das polpas de eucalipto brasileira exibiam uma homogeneidade morfológica superior às demais polpas disponíveis àquela época. Estas polpas permitiam ao papeleiro maior controle sobre as propriedades esperadas no produto final, e estimularam vários estudos a respeito da aplicação industrial do conhecimento da morfologia das fibras (CARPIM et al., 1987, DEMUNER et al., 1991, CLAUDIO-DA-SILVA JR. et al., 1982).

A operação florestal nas empresas brasileiras incorporou programas de melhoramento genético, o que levou ao desenvolvimento de índices de melhoramento baseados na qualidade desejada. Além disso, o desenvolvimento de técnicas de propagação clonal permitiu homogeneidade ainda maior em relação a uma série de características da árvore e das fibras. Várias outras técnicas e ferramentas foram desenvolvidas e incorporadas para adequação da matéria-prima

ao seu uso industrial. Ou seja, com as inovações introduzidas na área florestal, passou a ser possível “desenhar” o plantio de eucalipto para que este apresente produtividade e características morfológicas específicas (BASSA et al., 2005, DINUS and WELT, 1995, ZOBEL et al., 1983).

As divulgações em fóruns técnicos a respeito das qualidades da polpa de eucalipto e as orientações aos clientes quanto à sua melhor aplicação na produção de papel foram aos poucos sendo reconhecidas, a ponto da polpa de eucalipto se tornar um tipo de produto (BEKP, *bleached eucalyptus kraft pulp*) com preço diferenciado das demais polpas de fibra curta (BHKP)<sup>29</sup>.

No Canadá, as espécies de folhosas tradicionalmente usadas para fabricação de polpa são álamo, bétula, bordo, faia e aspen. Nos anos 1990, algumas fábricas canadenses começaram a separar a matéria-prima a fim de obter polpas de uma única espécie, ou com uma mistura em que prevalecesse uma espécie (polpas de aspen, ou com alto teor de bordo). Esse procedimento reduz a variabilidade da matéria-prima e melhora tanto o processamento da madeira durante a produção de celulose, quanto a produção de papel.

Apesar dos resultados positivos, especialmente para a qualidade final do papel, o ganho em uniformidade por seleção da madeira é limitado devido à variação natural de cada espécie. Há ainda algumas desvantagens associadas a esse processo: gera estoques maiores de matéria-prima (uma pilha de cavacos de bordo, outra de bétula, outra de aspen, por exemplo), e polpa de transição, ao se passar do processamento de uma espécie para outra (HILLMAN; ROOKS, 2002). Em função disto, a oferta de polpa canadense baseada em espécie única é limitada. As polpas de folhosas do Canadá são categorizadas como NMHW, *northern mixed hardwood pulp*.

A partir dos anos 2000 algumas fábricas na Indonésia passaram a produzir, além da polpa feita com várias espécies de folhosas tropicais, também uma polpa feita somente com acácia. Até então era usada exclusivamente uma mistura, composta de 65 a 80 espécies diferentes (HILLMAN; ROOKS, 2002). Segundo Midgley et al.

---

<sup>29</sup> Essa diferenciação não se reflete no índice geral de preços da FOEX, mas aparece nos relatórios de consultores especializados do setor, como RISI ([www.risiinfo.com](http://www.risiinfo.com)) e Hawkins Wright Inc. ([www.hawkinswright.com](http://www.hawkinswright.com)).

(2003) as novas plantações de acácia vêm apoiadas em esforços de pesquisa, que, assim como no Brasil, também contemplam melhoramento genético e técnicas silviculturais voltadas à formação de plantios de alta produtividade.

Seguindo um caminho parecido com o brasileiro, vários estudos foram realizados sobre a aplicação industrial desta nova fibra (LIU; RETULAINEN, 2004, MOHLIN; HORNATOWSKA, 2006, YAN; NAZHAD, 2006).

Como os produtores de polpa de fibra curta na Indonésia ainda usam tanto plantios de acácia quanto fibras mistas, as polpas da Indonésia são usualmente chamadas de IMH ou TMH, *Indonesian* ou *tropical mixed hardwoods pulp*. A expressão BAKP, *bleached acacia kraft pulp*, introduzida em 2006 por uma das empresas líderes do setor na Indonésia, é usada eventualmente para se referir à polpa feita somente com acácia (BURMAN, 2006).

Não existe um único conjunto de atributos da polpa que se possa considerar, por si só, ideal para a produção de papel, uma vez que diferentes papéis requerem diferentes qualidades. Assim, para papéis de embalagem, é importante a resistência. Para papéis para impressão e copiativos, é essencial a opacidade, que impede que vejamos o que foi impresso no verso da folha. Até diferentes culturas influenciam as características esperadas em papéis: os papéis sanitários nos Estados Unidos devem ter alta maciez; no Japão, devem ser muito brancos; já na Alemanha, resistentes. A Tabela 4, elaborada por Hillman e Rooks (2002) indica, em linhas gerais, os atributos de algumas espécies e suas aplicações principais.

**Tabela 4. Origem de polpas feitas a partir de espécie única, atributos e principais aplicações. Fonte: adaptado de Hillman e Rooks (2002).**

País	Espécie	Atributos	Principais aplicações
Brasil	Eucalipto urograndis	<i>Bulk</i> <sup>30</sup> , opacidade, alta população fibrosa, maciez	Papéis sanitários, de imprimir, filtros, papéis especiais
Indonésia	Acácia	Alta opacidade, baixo <i>bulk</i> , alta população fibrosa	Papel-bíblia, catálogos, panfletos, livro-texto
Canadá	Aspen	Alta lisura, adesão	Papéis <i>coated</i> , gravura
Canadá	Bordo	Alta população, alta espessura de parede	Papéis de imprimir e escrever, processos de refino intenso
Espanha, Portugal, Chile, Tailândia	Eucalipto globulus	Resistente a refino intenso e reprocessamento	Papel-toalha, sanitários, de imprimir - <i>coated</i> e <i>uncoated</i>
Suécia, Finlândia, Canadá	Bétula	Fibra longa e fina, refina fácil, resistente	LWC, papéis de imprimir - <i>coated</i> e <i>uncoated</i>

<sup>30</sup> Volume específico.

## 4 MÉTODOS

Nesta seção apresentamos inicialmente o recorte analítico empregado, bem como uma visão geral dos bancos de dados utilizados. Dada a diversidade de fontes, este preâmbulo facilita o entendimento dos itens seguintes, em que são explicitados os bancos de dados empregados em cada análise. A seguir, apresenta-se o método de cálculo do índice de concentração de mercado e de mudança estrutural, que norteiam a caracterização do mercado. São então detalhadas as visitas técnicas realizadas para subsidiar a comparação entre os desempenhos de Brasil e Indonésia no mercado global de celulose. Por fim, são indicados os métodos empregados para a aplicação da função de subcusto translog e análise de elasticidade nos mercados selecionados.

### 4.1 Recorte analítico

Como neste trabalho se pretende isolar os efeitos das vantagens comparativas de localização, são evidenciados preferencialmente os países do Hemisfério Sul como fornecedores, desde que tenham atuação relevante nos mercados estudados. Em volume de celulose exportada, destacam-se Brasil, Chile e Indonésia no Hemisfério Sul, porém, dada a disponibilidade limitada de dados do Chile, a comparação de desempenho se concentra entre Brasil e Indonésia.

A seleção dos mercados obedeceu aos critérios de relevância e disponibilidade de dados. Listamos os principais países importadores de celulose (por volume) nos últimos 5 anos. Definimos como principais mercados os 3 primeiros países nesta lista: China, Estados Unidos e Alemanha. A comparação de desempenho entre Brasil e Indonésia foi feita para cada um destes mercados, enquanto a análise de elasticidade foi aplicada aos dois primeiros.

Para as análises da elasticidade de substituição e das elasticidades-preço da demanda foram comparadas matérias-primas que efetivamente competem entre si – ou seja, que são intercambiáveis na fabricação de papel sem impacto técnico relevante sobre o processo. Assim, consideramos apenas polpa kraft branqueada de fibra curta (*bleached hardwood kraft pulp*, daqui em diante denominada BHKP), por representar mais de 80% de toda a celulose produzida no Brasil e por

praticamente corresponder ao total da celulose brasileira exportada (99,7% em 2010), segundo a BRACELPA (2011).

Alguns tipos de papel podem requerer maior especificidade de matéria-prima, e na prática, o intercâmbio entre diferentes tipos de fibra dificilmente é irrestrito. Assumimos, neste trabalho, uma relação de complementaridade entre polpas de fibra curta e fibra longa, e uma relação geral de substituição entre as diferentes fibras curtas. Os casos em que a análise de elasticidade aponta relação de complementaridade entre as fibras curtas são discutidos individualmente.

## 4.2 Bancos de dados

Foram reunidos dados relativos a produção, exportação e preço de celulose. Para definir os bancos de dados aplicáveis, é importante saber que há consultores especializados, dos quais se destacam Hawkins Wright, RISI, FOEX<sup>31</sup>, entre outros, que organizam e comercializam informações de mercado do setor de papel e celulose. Os relatórios emitidos por esses consultores subsidiam decisões de investimento e estratégias de compra e venda, assim, os clientes usuais desse consultores são as próprias empresas de papel e celulose, bem como grupos de investimento e fornecedores dessas indústrias.

Embora alguns destes relatórios apresentem dados bastante detalhados sobre o setor, as informações devem ser vistas com atenção, por diferentes razões. A primeira delas é o fato de haver diferentes categorias de polpa de celulose, como vimos anteriormente. As polpas podem ser agrupadas em função do modo de produção – polpa química, branqueada ou não branqueada, sulfito, kraft; ou pela matéria prima utilizada – fibra curta, longa, madeira tropical, eucalipto, etc. Notem que essas categorias permitem várias sobreposições, dando margem a recortes diversos. Além disso, os relatórios podem apresentar diferentes níveis de agregação geográficos, e, não raro, usam uma terminologia própria, tais como “*world-19*” ou “*world-20*”, que significam o resultado total de, respectivamente, 19 ou 20 países selecionados segundo critérios próprios.

---

<sup>31</sup> A atuação e os produtos disponíveis destas consultorias podem ser encontradas em seus sites na internet: Hawkins Wright: [www.hawkinswright.com](http://www.hawkinswright.com); RISI: [www.risiinfo.com](http://www.risiinfo.com); FOEX: [www.foex.fi](http://www.foex.fi).

Atenção ainda mais especial deve ser dada às informações de preço. O valor publicado, conhecido como “preço-lista”, resulta da média de preços realizados pelas diferentes empresas no período (semanal ou mensal), coletados junto a vendedores, compradores e representantes comerciais de unidades em todo o mundo. Ainda que as empresas geradoras da informação e aqueles que a consolidam se esforcem para colocar todos os dados nas mesmas bases, é natural que condições especiais de venda e entrega não sejam totalmente refletidas pelos dados.

Pelas razões expostas, precisamos de conjuntos de dados distintos dependendo da análise em questão. O uso do preço médio publicado, embora seja a indicação de preço mais fidedigna para um determinado mês, encontra limitações na comparação entre preços efetivamente praticados por diferentes países fornecedores, uma vez que descontos especiais podem ser aplicados pelas diferentes firmas. Uma alternativa para se avaliar o preço real por país é o cálculo do valor unitário das importações, dividindo-se o valor total da importação de polpa (em dólares) pela quantidade importada por um determinado país (em toneladas) no mesmo período. Vale notar que o valor unitário obtido desta forma neutraliza o efeito de descontos no médio prazo, porém é suscetível a distorções temporais induzidas pelos diferentes prazos de pagamento. O método usado para a obtenção do preço médio em cada mercado estudado é indicado nos itens 4.2.2 e 4.2.3

#### **4.2.1 Caracterização do mercado**

Em função de seu vasto uso na literatura, o que permite maior amplitude na comparação com trabalhos anteriores, são usados os bancos de dados da FAO, *Food and Agriculture Organization*, e da UNCTAD, *United Nations Conference on Trade and Development*, entidades ligadas às Nações Unidas. Além disso, como contêm séries históricas longas (desde a década de 1960), estes bancos de dados prestam-se bem à caracterização do mercado e de sua evolução. No entanto, como a periodicidade dos dados é anual, a análise de elasticidade exige outras fontes de dados, explicitadas a seguir para cada mercado estudado.



#### **4.2.2 Análise de elasticidade: China**

Especificamente no caso do mercado chinês não há disponibilidade pública de informações mensais detalhadas da importação de celulose de diferentes países. Os dados usados foram gentilmente cedidos pela Hawkins Wright Inc.(2010)

O banco de dados traz o preço médio publicado (CIF<sup>32</sup> porto chinês) para polpa brasileira, indonésia e outras fibras curtas em dólares americanos, bem como o volume de polpa kraft branqueada de fibra curta (BHKP, *bleached hardwood kraft pulp*) importada pela China por país de origem, de janeiro de 2003 a março de 2010, com periodicidade mensal.

#### **4.2.3 Análise de elasticidade: Estados Unidos**

Foram obtidos os dados de importação para consumo da US International Trade Commission (USITC, 2010), para o categoria de produtos sob o código HS 470329 (polpa celulósica kraft ou soda, branqueada ou semi-branqueada, não-conífera, excluindo-se grau de dissolução), equivalente a BHKP. O período analisado foi de janeiro de 2003 a março de 2010, com periodicidade mensal.

O preço foi determinado como valor unitário, dividindo-se o total em dólares americanos (CIF) pelo total em toneladas. Os dados foram classificados por origem, identificando-se BHKP canadense, brasileira e agrupando-se as demais (com participação total média inferior a 5% no período) como “outros países”.

### **4.3 Índice de concentração e de mudança estrutural**

**Índice de concentração:** o índice de Herfindahl-Hirschmann é uma medida do grau de concentração de mercado. Ele foi normalizado para obter valores variando de 0 a 1 (concentração máxima), de acordo com a seguinte fórmula:

---

<sup>32</sup> CIF, acrônimo de “*Cost, Insurance and Freight*”, é um termo de comércio internacional (*incoterm*, publicado pela Câmara Internacional de Comércio, de acordo com a Convenção das Nações Unidas para a Venda Internacional de Mercadorias) que indica que o preço reflete o custo da mercadoria, seu frete até o porto de destino bem como o seguro durante o transporte.

$$H_j = \frac{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ij}}{X}\right)^2\right)} - \sqrt{\frac{1}{n}}}{1 - \sqrt{\frac{1}{n}}}$$

Onde:

$H_j$  = valor do índice de concentração para o produto  $j$

$x_{ij}$  = valor de exportação do produto  $j$  pelo país  $i$

$X = \sum_{i=1}^n x_{ij}$  = total de exportação (ou importação) do produto  $j$

$n$  = número de mercados individuais (países) no período de 1995 to 2008.

**Índice de mudança estrutural:** este índice, que varia de 0 a 1, revela a mudança estrutural no comércio de um produto específico, em comparação com o ano de referência (1995 = 0), e é calculado pela equação a seguir:

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^n (|S_{ij}^1 - S_{ij}^0|)}{2}$$

Onde:

$I_j$  = valor do índice de estrutura para produto  $j$  (classificação de 0 a 1)

$S_{ij}^0$  = valor participação do país  $i$  no comércio do produto  $j$  para o ano de referência (1995)

$S_{ij}^1$  = valor participação do país  $i$  no comércio do produto  $j$  para cada ano do período

#### 4.4 Visitas técnicas

Comparamos o desempenho do Brasil e da Indonésia como fornecedores para o mercado global de celulose a partir da evolução de suas exportações. São usados dados da FAO de importação de celulose pela China, Estados Unidos e Alemanha, de 1997 a 2007. Os dados levantados são analisados à luz de informações colhidas junto a diversos agentes do setor, em fóruns especializados tais como reuniões da *Market Pulp Association*, na América do Norte, simpósios anuais promovidos pela *British Wood Pulp Association*, conhecidos como *London Pulp Week*, e, especialmente, em visitas técnicas realizadas a fábricas de papel.

As visitas técnicas foram feitas entre 2004 e 2009, e compreenderam 55 fábricas em 3 continentes, para produção de papéis sanitários, papéis para impressão e escrita, papéis para embalagem e papéis especiais, conforme sumarizado na Tabela 5. Muitas unidades foram visitadas mais de uma vez, havendo variedade de interlocutores: desde proprietários e presidentes, em alguns casos, até o nível operacional em outros, passando por diferentes níveis organizacionais. Em todos os casos sempre houve envolvimento da área de decisão de compra de celulose, mas outras áreas como Pesquisa & Desenvolvimento, Produção, Logística, Controle de Qualidade, Gestão de Processos e Engenharia eventualmente foram envolvidas. Todas as visitas foram documentadas em relatórios, cujas informações foram posteriormente inseridas em um banco de dados indexado por empresa visitada, com os seguintes campos: data, local, capacidade e tipo de papel produzido e *furnish* usado. Demais informações, como interlocutores (nome e cargo) e assuntos discutidos são registrados em campo de texto.

**Tabela 5. Número de fábricas de papel visitadas, por país e tipo de papel.**

País	Papéis sanitários	Papéis para impressão e escrita	Papéis para embalagem	Papéis especiais
<b>Ásia</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
China	8	1	2	2 (filtros, cigarros)
Coréia do Sul				1 (circuitos impressos)
Indonésia				2 (cigarros)
Taiwan			1	
Vietnã	3			
<b>América do norte</b>	<b>7</b>			
Canadá	4			
Estados Unidos	3			
<b>Europa</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Áustria				1 (decorativos)
Alemanha				1 (gráficos)
Espanha			1	
França		1	3	1 (gráficos)
Holanda		1		1 (adesivos)
Hungria	1 (projeto)			
Inglaterra	1	1		
Itália	6	1		
Suíça		1		1 (gráficos)
Turquia	4	2		
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>10</b>

#### 4.5 Aplicação da função de subcusto translog e análise de elasticidade

A função de subcusto translog para a demanda de um produto pode ser expressa em termos de participações (*shares*) dos diferentes países de origem do produto em relação ao seu consumo total em um dado mercado. Assim, expressamos a demanda por polpa nos mercados estudados, conforme abaixo:

$$S_i = \beta_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j$$

Onde:

$S_i$  é a participação de custo de polpa do  $i$ -ésimo país em relação ao total de polpa consumida no mercado estudado, provenientes dos países  $i, \dots, j$ ;

$P_j$  é o preço da polpa proveniente dos país  $j$  no mercado estudado.

A fim de determinar empiricamente os coeficientes  $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$ , construímos um sistema de equações de demanda aos quais aplicamos algumas restrições em observação à teoria de produção, como as condições de simetria e de homogeneidade linear.

De posse dos coeficientes  $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$ , calculamos as elasticidades-preço de demanda direta ( $\varepsilon_{ii}$ ) e cruzada ( $\varepsilon_{ij}$ ), definidas como:

$$\varepsilon_{ii} = (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i)/S_i$$

$$\varepsilon_{ij} = (\beta_{ij} + S_i S_j)/S_i$$

A elasticidade de substituição de Morishima ( $M_{ij}$ ) foi calculada a partir das elasticidades-preço de demanda:

$$M_{ij} = \varepsilon_{ji} - \varepsilon_{ii}$$

#### 4.6 Estimativa dos coeficientes da função de subcusto translog

O sistema de equações que descreve a participação da polpa de fibra curta de diferentes países em função de seus preços no mercado de estudo foi construído da seguinte forma:

$$S_B = \beta_B + \beta_{BB} \ln p_B + \beta_{BX} \ln p_X + \beta_{BO} \ln p_O$$

$$S_X = \beta_X + \beta_{XB} \ln p_B + \beta_{XX} \ln p_X + \beta_{XO} \ln p_O$$

$$S_O = \beta_O + \beta_{OB} \ln p_B + \beta_{OX} \ln p_X + \beta_{OO} \ln p_O$$

Onde:

$S_i$  = participação (*share*) do país  $i$  no mercado considerado (americano ou chinês) de polpa de fibra curta;

$p_i$  = preço da polpa de fibra curta do país  $i$  no mercado considerado, em base constante (deflacionado pelo PPI<sup>33</sup>, 1982=100);

Os índices B, X e O identificam o país  $i$ , fornecedor de polpa de fibra curta. Para o mercado americano, usou-se o índice C no lugar de X, indicando o Canadá. Para o mercado chinês, ao invés de X usou-se o índice I, designando Indonésia. Os índices B e O designam respectivamente, Brasil e “outros países”.

Os coeficientes ( $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$ ) foram determinados com o uso do software eViews. A especificação do sistema encontra-se no apêndice A. Foi aplicado o método iterativo de Zellner para estimar parâmetros de equações aparentemente não-relacionadas (*Seemingly Unrelated Regression*, SUR). São estimadas apenas 2 das 3 equações, uma vez que neste método o resultado é invariante com relação à equação suprimida, e o uso das 3 equações no sistema implicaria em uma matriz singular. Optou-se por suprimir  $S_o$ . Os resultados obtidos foram verificados através da supressão das demais equações.

Foram impostas as seguintes restrições ao sistema:

a) condição de simetria:  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$  para  $i \neq j$ ;

b) homogeneidade linear, garantida por:

$$b.1) \sum_{i=1}^n \beta_i = 1;$$

$$b.2) \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0 \text{ (a soma dos parâmetros } \beta_{ij} \text{ é zero em cada linha e em cada coluna).}$$

---

<sup>33</sup> PPI, ou Producer Price Index, é um índice usado para neutralizar o efeito da inflação (ou deflação). Este índice, emitido pelo US Bureau of Labor Statistics, apresenta diversas categorias; a série usada neste trabalho foi WPU0911, que agrupa as variações de preços relacionados à indústria de celulose.

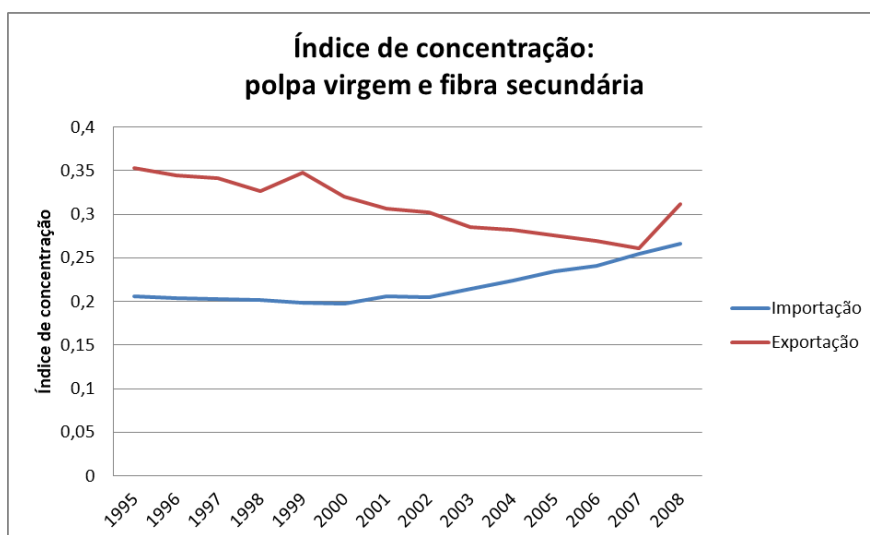
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do mercado

Realizamos uma avaliação exploratória a fim de caracterizar a evolução do mercado global de celulose nos últimos anos. Para isto, obtivemos os índices de concentração e mudança estrutural nos índices de importação e exportação de polpa de mercado, aí compreendidas todas as categorias de polpa virgem e fibra secundária, com dados da UNCTAD (2009).

O índice de Herfindahl-Hirschmann normalizado varia de 0 a 1, dando uma medida do grau de concentração de mercado. O valor 0 corresponde a um mercado totalmente disperso (muitos compradores/vendedores ou compradores/vendedores com mesma importância relativa), enquanto o valor 1 corresponde à concentração máxima do mercado (monopólio/monopsônio).

A Figura 10 mostra a evolução do índice de concentração para o comércio global de polpa virgem e fibra secundária a partir de 1995.



**Figura 10. Índice de concentração para o comércio global de polpa virgem e fibra secundária. Fonte:UNCTAD (2009).**

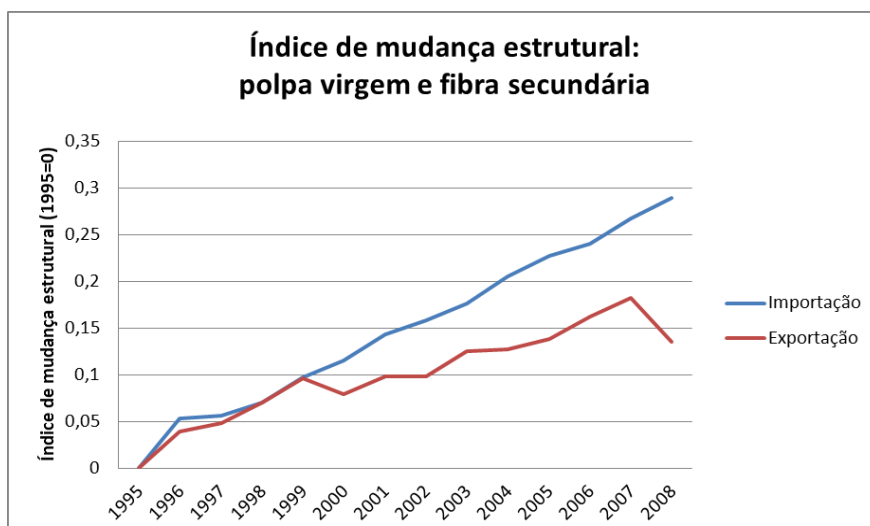
Observa-se que a exportação – relativamente concentrada em 1995, com índice em torno de 0,35 – vem apresentando um tendência de dispersão. Esta dispersão pode ser motivada por diferentes fatores: (a) a entrada de novos fornecedores, ou seja,

países sem tradição histórica de exportação de celulose que aumentaram sua oferta no mercado internacional, e/ou (b) países tradicionalmente exportadores de celulose podem estar reduzindo a oferta e, conseqüentemente, sua importância relativa no comércio global. Note-se que o *aumento da oferta de celulose* no mercado internacional por parte de um determinado país pode estar relacionado tanto ao *aumento de sua capacidade de produção* de celulose quanto pela *redução de sua demanda interna* por esta matéria-prima. Analogamente, a *redução da oferta* no mercado internacional por parte de um país pode estar relacionada não somente a uma *redução de produção* desta matéria-prima, mas também ao aumento da demanda interna, ou seja, à *expansão da sua capacidade de produção de papel*. A identificação dos processos efetivamente em curso que definem a tendência observada de concentração da exportação de fibras depende de dados mais detalhados, que serão apresentados e discutidos nas próximas páginas.

Ainda observando a Figura 10, nota-se que a importação vem seguindo o caminho oposto daquele traçado pela exportação, ou seja, uma tendência de concentração, que teve início a partir do ano 2000. Esta tendência também pode resultar de diferentes fatores, mas o mais provável é o aumento significativo da capacidade de produção de papel e, por conseguinte, da demanda por celulose, por parte de um país. Com efeito, dados detalhados por país, que serão apresentados posteriormente, confirmam que este é o processo que conduz a tendência de concentração da importação - ainda que, teoricamente, também fosse possível que a causa da concentração se devesse a uma redução gradativa da participação de diferentes países importadores na demanda global por celulose no mesmo período.

Enquanto o índice de concentração se baseia na homogeneidade dos volumes envolvidos no processo comercial entre os diferentes agentes, o índice de mudança estrutural revela a alteração na composição dos agentes, em relação a um ano de referência. Assim, um valor de índice de mudança estrutural que está próximo de 1 indica uma mudança significativa na composição dos exportadores (importadores), enquanto valores que se aproximam de 0 demonstram um maior grau de "tradicionalismo" dos mercados no período.

A Figura 11 indica uma mudança estrutural em curso no comércio de fibras, tanto na composição dos exportadores quanto na composição dos importadores, tendo-se como base o ano de 1995. Porém, como os dados compreendem tanto fibras secundárias quanto primárias, a natureza das mudanças não é clara.



**Figura 11. Índice de mudança estrutural para o comércio global de polpa virgem e fibra secundária. Fonte: UNCTAD (2009).**

A fim de identificar os principais agentes e caracterizar a dinâmica do mercado de fibras virgens no longo prazo, foram levantados dados sobre a produção e a comercialização de celulose química, desde o início de seu registro pela FAO.

A Figura 12 apresenta o total de celulose química produzida em cada país, aí incluídas todas as categorias de polpa química, bem como o total produzido por fábricas de celulose integradas. Para facilitar a visualização, foi ampliada a série de 1995 a 2008, excluindo-se os Estados Unidos e ajustando-se a escala. Em volume de produção, fica evidente a forte liderança dos Estados Unidos ao longo de todo o período registrado.



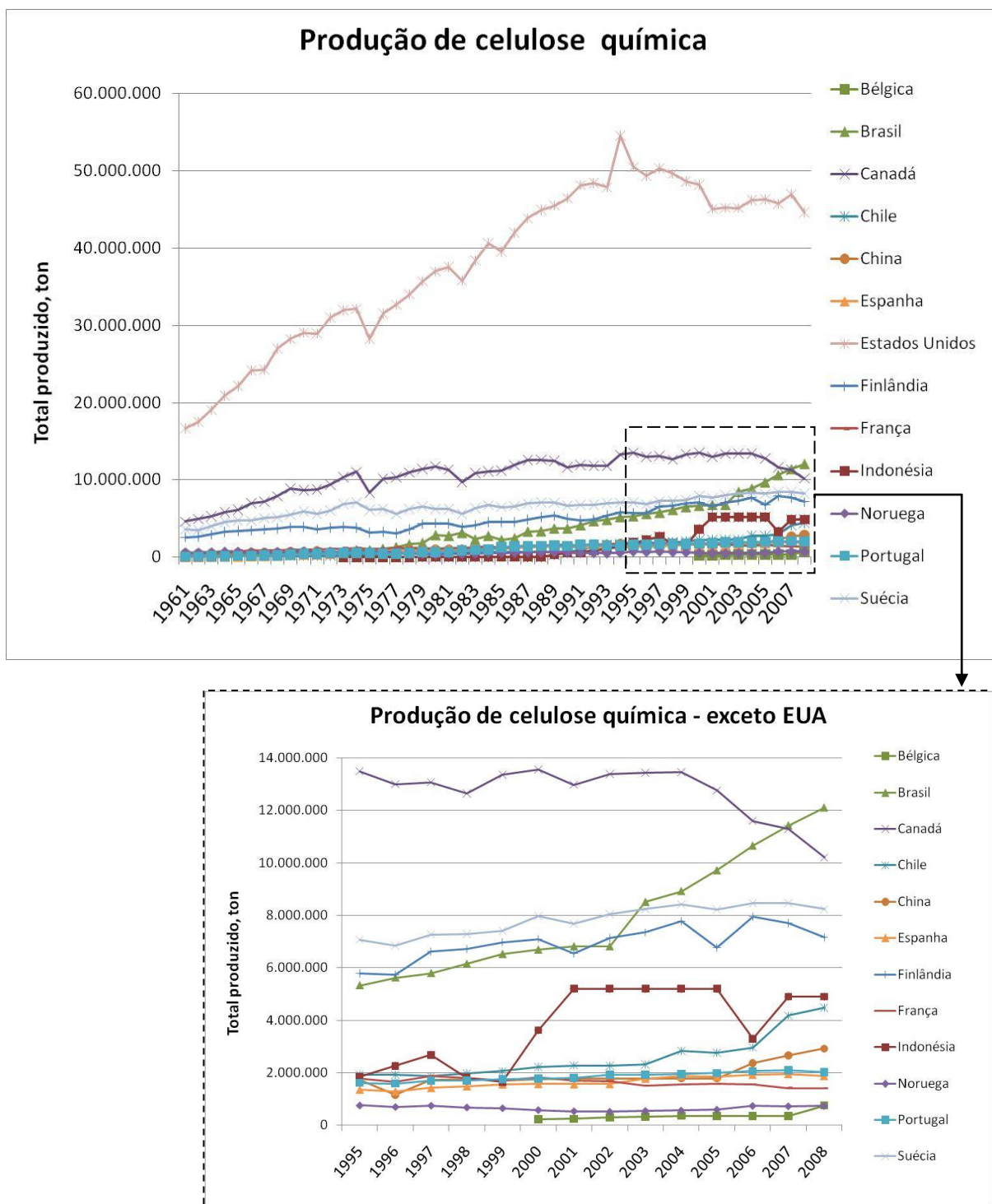


Figura 12. Histórico de produção de celulose química por país. Fonte: FAO (2010).

A análise do volume exportado de celulose química, apresentado na Figura 13, altera substancialmente a posição dos países. Em função do alto consumo interno, os Estados Unidos exportam muito menos do que produzem, e entre 1968 e 2008 sua posição oscila entre o 4º e o 2º lugar mundial.

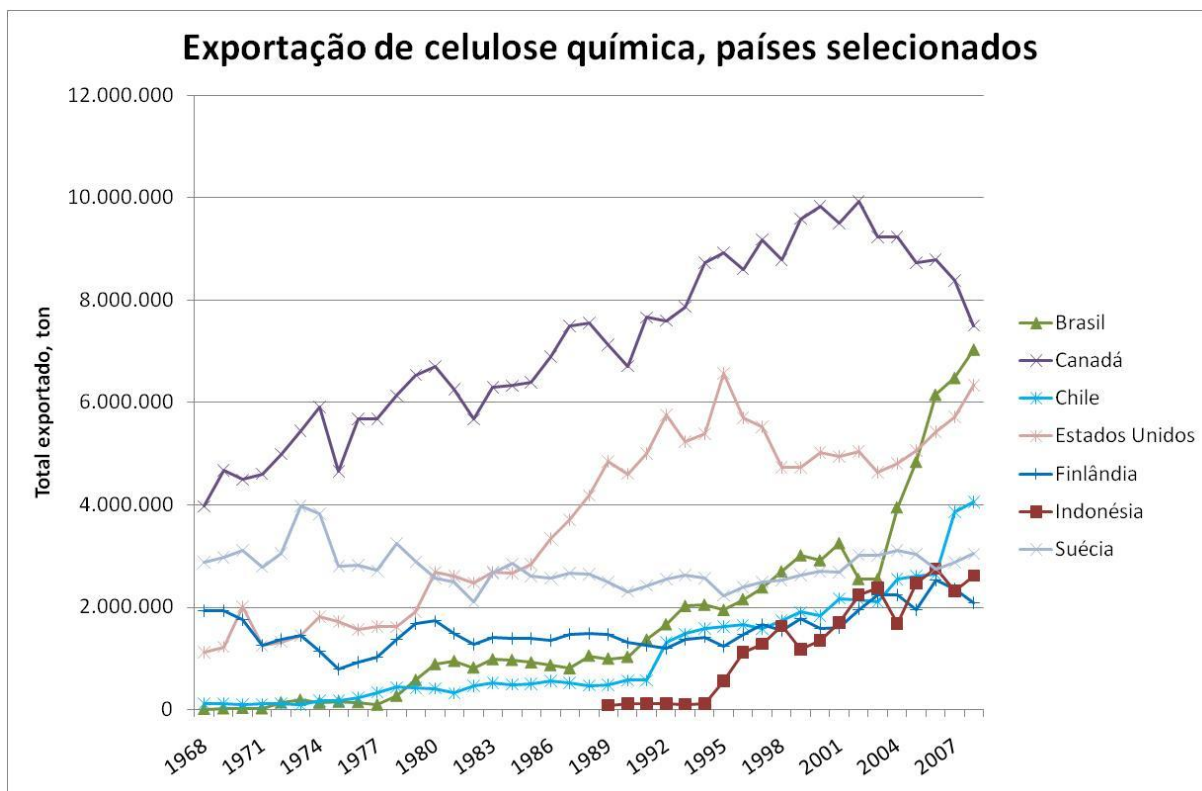


Figura 13. Evolução histórica do total de celulose química exportado por país – países que exportaram acima de 2 milhões de toneladas em 2008. Fonte: FAO (2009)

A Figura 13 confirma a ocorrência de uma mudança estrutural no comércio de celulose global no que tange a exportações, já a partir do início dos anos 1980, com a entrada de agentes importantes no cenário internacional.

Em 2008, sete países se destacaram quanto ao volume exportado de celulose química. Destes, Brasil, Chile e Indonésia são os “novos entrantes”, com Chile e Brasil começando sua história na década de 80 e com participação crescente a partir da década de 90, e Indonésia iniciando exportações em meados da década de 90 com participação crescente e consistente desde então. Não por acaso esses 3 ficam no Hemisfério Sul, em oposição aos exportadores tradicionais.

Quanto aos principais mercados, vemos na Figura 14 a evolução das importações de polpa kraft dos países que importaram mais de 1 milhão de toneladas em 2008. O salto da China no volume de importações ao longo da última década é coerente com a tendência de concentração de importações indicado na Figura 10.

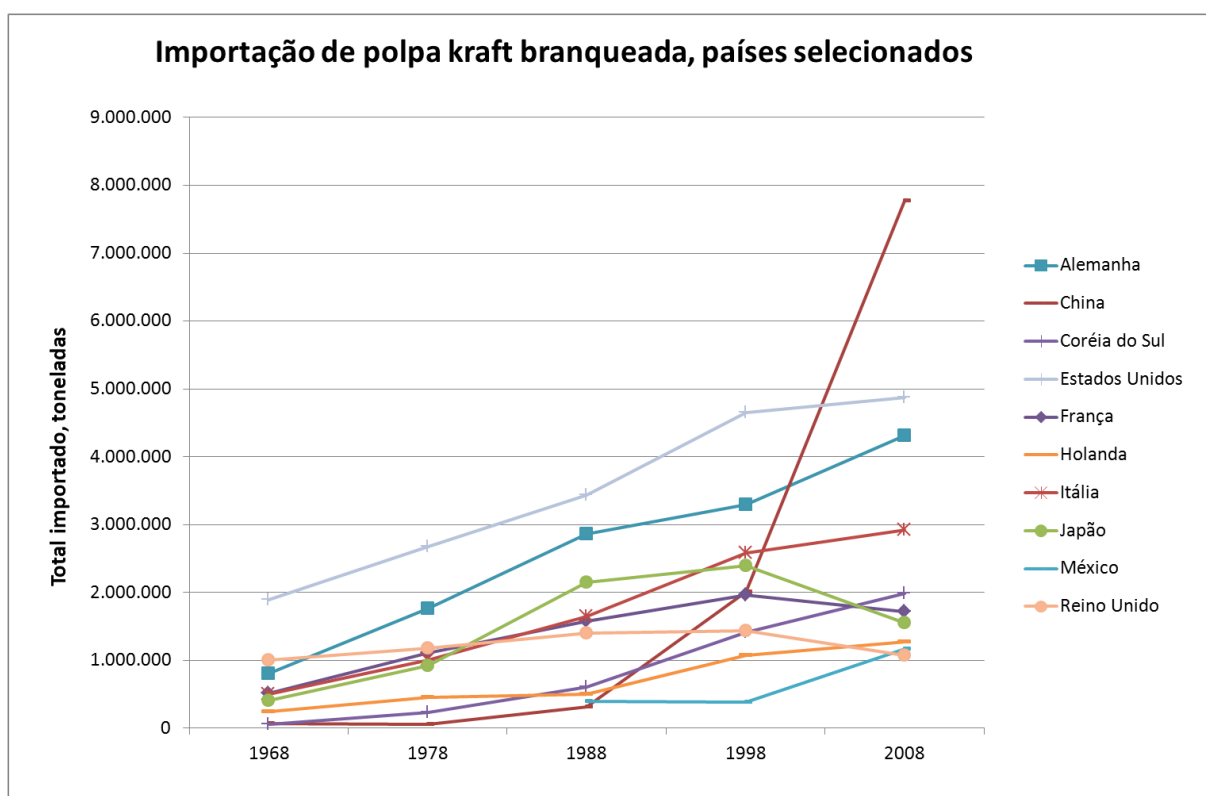


Figura 14. Evolução histórica do total de polpa kraft branqueada importada por país – países que importaram acima de 1 milhão de toneladas em 2008. Fonte: FAO (2009).

A Figura 15 ilustra a concentração acentuada dos importadores desta matéria-prima. Nota-se, ainda, que a importância da Ásia como mercado importador – representada por Japão, Coréia do Sul e China – vem crescendo desde a década de 1980.

Mercado	2008	1998	1988	1978	1968
China					
Coréia					
Japão					
Holanda					
EUA	70%	72%			
Alemanha					
Itália				70%	
França					
Reino Unido					75%

Figura 15. Principais mercados importadores de polpa kraft branqueada em 2008, 1998, 1988, 1978 e 1968. Os países indicados, somaram, no mínimo, 70% de toda a polpa kraft branqueada importada nos anos indicados – a ordem não reflete *ranking* de volume importado individualmente. Fonte: UNCTAD (2009).

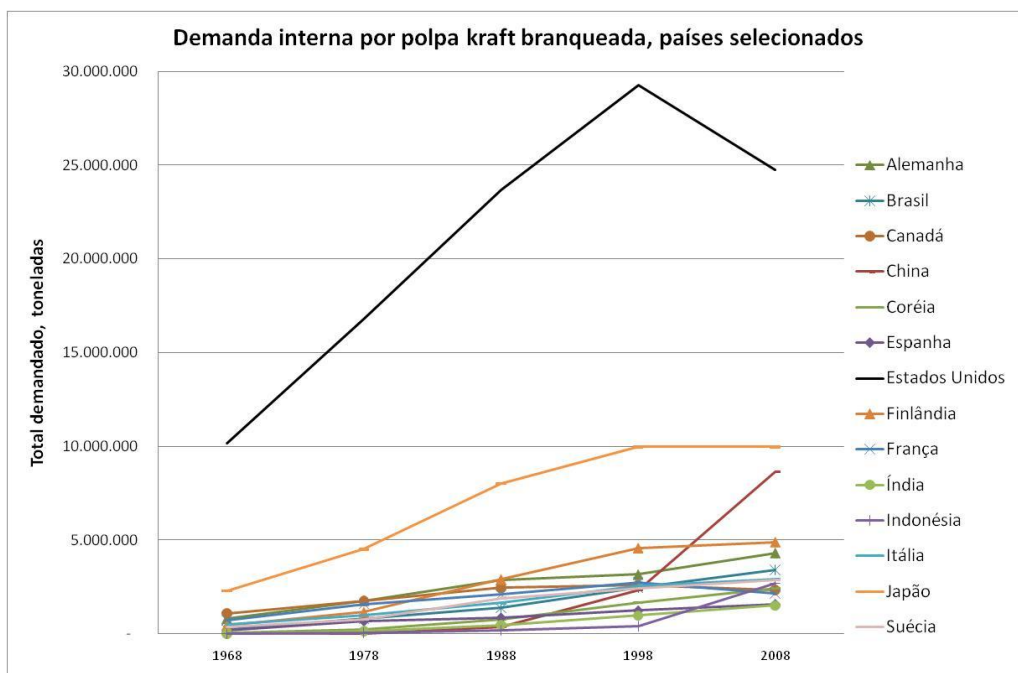
Neste trabalho optamos por trabalhar com o total de importações, a fim de evitar possíveis distorções associadas ao uso de importações líquidas. A categoria “polpa kraft branqueada” (BKP, *bleached kraft pulp*), usada pela FAO, encerra duas

subcategorias: polpa de fibra curta (BHKP, *bleached hardwood kraft pulp*) e de fibra longa (BSKP, *bleached softwood kraft pulp*). Estas duas subcategorias, conforme vimos em capítulos anteriores, não se substituem plenamente no processo produtivo. Desta forma, um produtor e exportador de fibra longa pode demandar fibra curta importada (ou vice-versa), e a apuração de importações líquidas daria um quadro impreciso da dinâmica deste mercado. Adicionalmente, dentro da subcategoria BHKP, existem diferentes tipos de fibra curta, que conferem características distintas ao papel. Também neste caso – quando um país importa um tipo de BHKP e exporta outro – o uso de importações líquidas gera distorções mais acentuadas que a tentativa de se excluir possíveis re-exportações com o uso de importações líquidas.

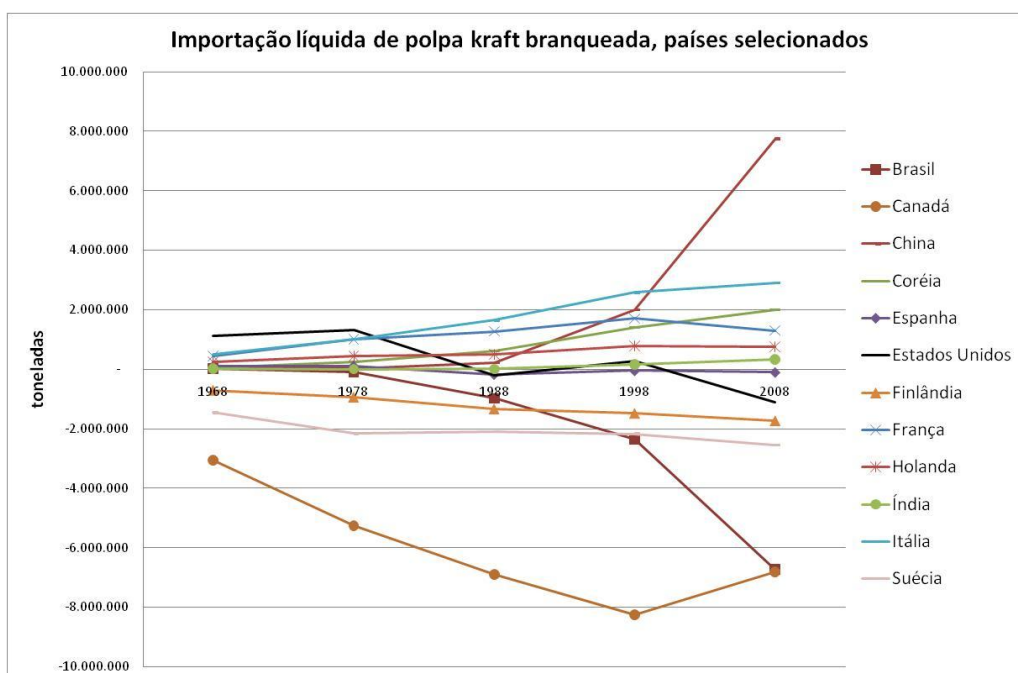
O caso dos Estados Unidos consiste em um exemplo nítido de tais distorções. A Figura 16 apresenta os países com maior demanda interna por polpa kraft branqueada (BKP) em 2008, entre os quais destacam-se os Estados Unidos. Como vimos anteriormente, este país lidera a produção de BKP, ocupou a segunda posição no ranking de importações e é o terceiro maior exportador deste produto. A Figura 17, que apresenta a evolução das importações líquidas de BKP para grandes agentes globais do setor, mostra que o mercado americano seria desprezível frente aos países *net importers*<sup>34</sup>, quando na realidade, não o é. Os Estados Unidos exportam seu excedente de produção de polpa de fibra longa e de fibra curta. Tomando somente o caso da fibra curta: o tipo exportado pelos Estados Unidos, usualmente chamado “*southern mixed hardwood pulp*” (SMHW, polpa de folhosas de espécies mistas do sul), não apresenta as características morfológicas adequadas para atender alguns segmentos de papel. Na prática, os Estados Unidos importam um grande volume de BHKP canadense (NMHW), além de brasileira (BEKP, *bleached eucalyptus kraft pulp*), por conferirem atributos técnicos ao papel diferentes daqueles conferidos pela BHKP americana (SMHW). O volume de polpa importada pelos Estados Unidos não é substituível pela oferta interna, que se torna excessiva e é exportada. Usar o resultado líquido de importações não refletiria a importância real deste mercado.

---

<sup>34</sup> Países cujo volume de importações supera o de exportações.



**Figura 16. Evolução da demanda interna por polpa kraft branqueada em países que demandaram acima de 1,5 milhões de toneladas em 2008. Fonte: FAO, 2010.**



**Figura 17. Evolução das importações líquidas de polpa kraft branqueada nos principais países importadores e exportadores. Fonte: FAO, 2010.**

## 5.2 Brasil e Indonésia: participações nos principais mercados de celulose

Nas Figuras 18, 19 e 20 comparamos a evolução das exportações de celulose do Brasil e da Indonésia, retratando as importações feitas pela China, Estados Unidos e Alemanha, que são os 3 países que mais importam polpa celulósica hoje. A discussão a respeito da participação dos setores de celulose brasileiro e indonésio em cada um destes mercados se baseia em observações feitas em visitas técnicas a fábricas de papel na China, Estados Unidos e Europa no período de 2004 a 2009, bem como no testemunho de dirigentes e funcionários destas fábricas.

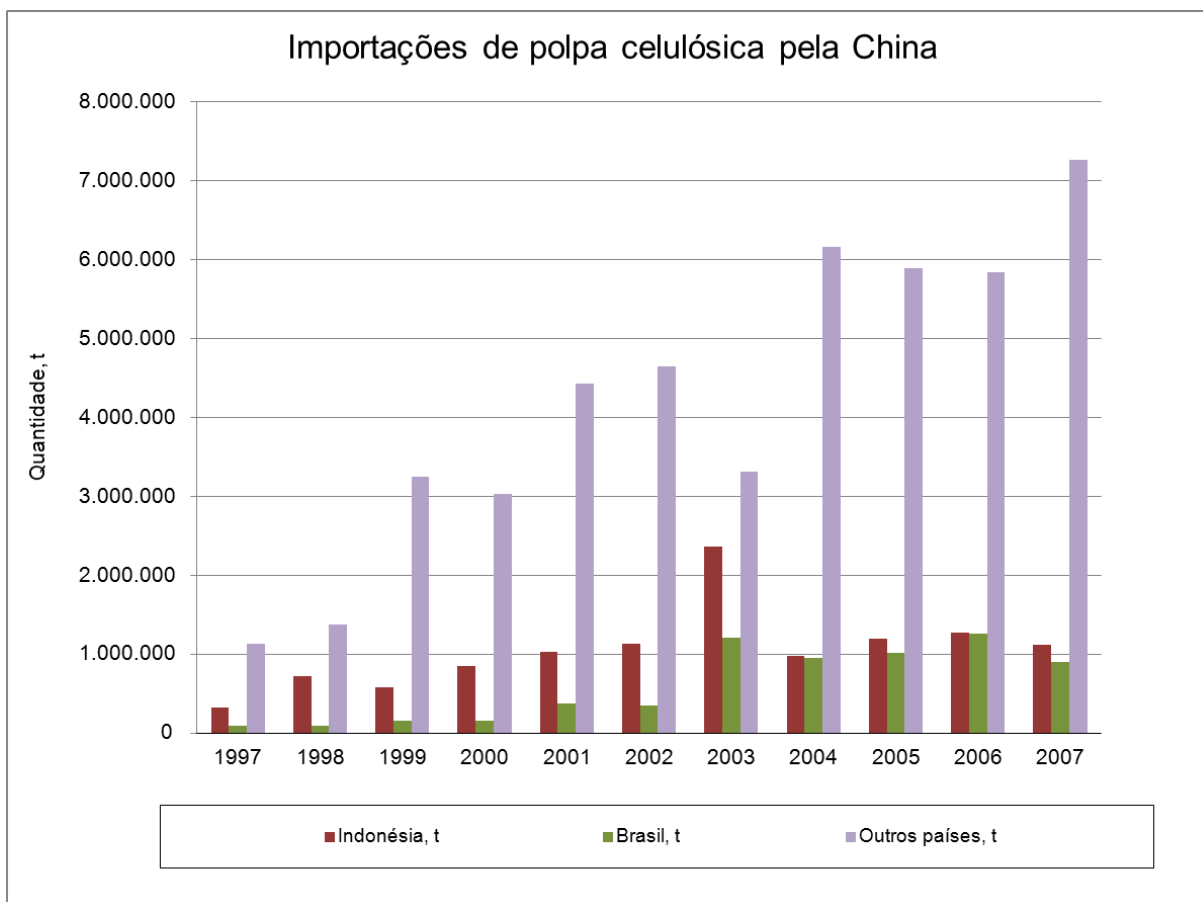
### China

A despeito de ter sido o berço da invenção do papel, a China apresentava, até o final do século passado, uma estrutura de fábricas antigas, intensivas em mão-de-obra, e que usavam praticamente qualquer tipo de fibra como matéria-prima, resultando em baixa eficiência operacional e em sério comprometimento da qualidade do produto final. Na virada do século foram feitos muitos investimentos no setor papelero, e passaram a coexistir fábricas da “velha China” e da “nova China”. As fábricas de papel e embalagem da “nova China” são intensivas em tecnologia, com máquinas no estado-da-arte e laboratórios de controle de qualidade e sistemas de controle de processo de última geração. A compra de matéria-prima destas fábricas passou a ser seletiva não só em preço, mas também em qualidade.

A polpa brasileira é percebida como uma matéria-prima de alta qualidade, usada preferencialmente em papéis de maior valor agregado. Sobre a polpa indonésia, a percepção é de que a qualidade vem se estabilizando, e que a polpa feita somente a partir de acácia tem a estabilidade necessária para uso nos papéis *premium*. A China é o principal mercado da Indonésia, valendo-se da proximidade geográfica.

Os critérios de adequação ambiental ainda não fazem parte do processo seletivo de matéria-prima da maior parte das fábricas, mas segundo os dirigentes de algumas das plantas modernas, “é uma tendência, no contexto de uma série de medidas para melhoria ambiental planejadas pelo presidente Hu Jintao”.

Desde 2003 a participação da celulose brasileira no mercado chinês passou a ser mais expressiva, “quebrando” uma sequência contínua no aumento das exportações da Indonésia para este mercado, conforme se pode observar na Figura 18.

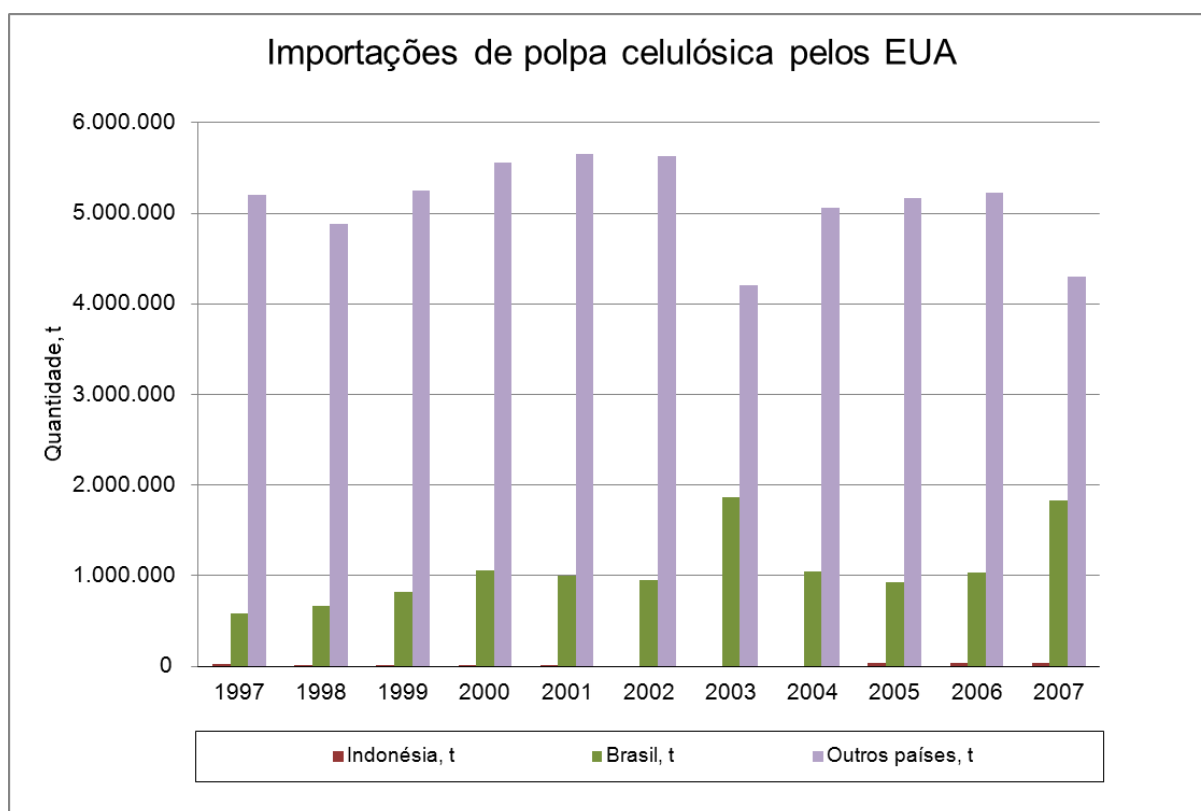


**Figura 18.** Evolução das importações de celulose da Indonésia, do Brasil e de outros países pela China, a partir de dados da FAO, 2010.

## Estados Unidos

Nos Estados Unidos e na Alemanha, a presença de polpa da Indonésia é desprezível (Figuras 19 e 20). No caso dos Estados Unidos, a complexidade logística é um dos fatores determinantes. Dispondo de um alto suprimento doméstico de celulose, e também com um grande suprimento vindo do Canadá, a modalidade de venda usual no mercado americano é de “produto colocado na fábrica”. Como grande parte das fábricas de papel não estão próximas a portos, isto significa, na prática, que o fornecedor de celulose, além de arcar com o transporte marítimo, deve ainda providenciar armazéns e transporte terrestre, ferroviário ou rodoviário. Para arcar com esta logística, os contratos normalmente compreendem o fornecimento de grandes volumes, em horizonte de longo prazo. Alguns fabricantes de papel atribuem à Indonésia uma “alta instabilidade institucional”, o que dificulta o fechamento de contratos de longo prazo. Além disso, a componente ambiental –

embora não tão crítica quanto na Europa – impõe restrições ao uso de polpa da Indonésia.



**Figura 19. Evolução das importações de celulose da Indonésia, do Brasil e de outros países pelos Estados Unidos, a partir de dados da FAO, 2010.**

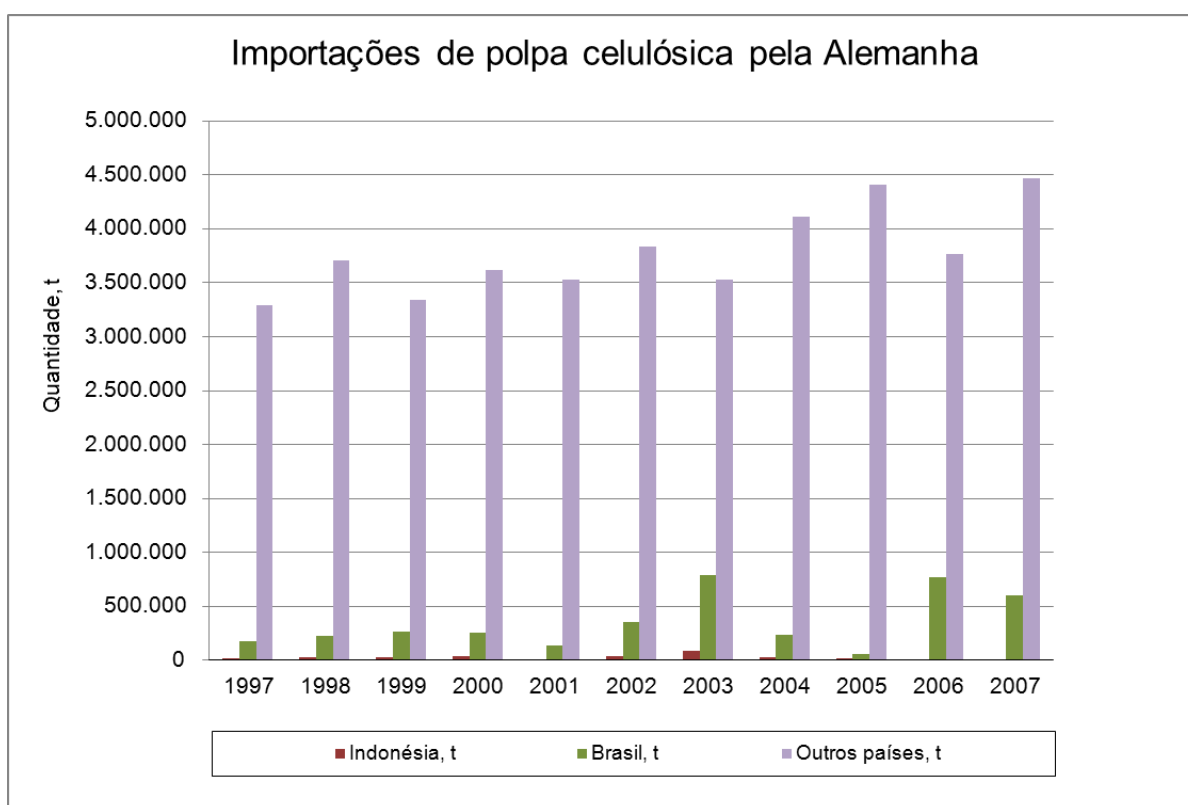
A polpa brasileira é especialmente apreciada nos Estados Unidos para a produção de papéis sanitários (*tissue*). A morfologia da fibra de eucalipto confere maciez ao papel. No mercado americano, a maciez é o principal atributo que distingue o valor agregado das diferentes categorias desse segmento. O país apresenta o maior consumo *per capita* de *tissue* do mundo (em torno de 23 kg/hab, contra uma média de 3 kg/hab no resto do mundo em 2005), e conta com contratos de suprimento de grandes volumes do Brasil. As grandes fabricantes de *tissue* investem pesadamente em tecnologia, e algumas fazem parceria para desenvolvimento técnico da polpa em conjunto com fornecedores brasileiros.

### **Alemanha**

No caso da Alemanha, a componente ambiental é o maior fator de restrição à importação de polpa de celulose produzida nos países em desenvolvimento. Uma boa ilustração disso é a questão sobre o uso de cloro no processo de



branqueamento de celulose, alvo de caloroso debate na década de 1990. Muito se discutiu então sobre os efeitos ambientais dos processos ECF (*Elemental Chlorine-Free*), ou seja, polpa branqueada com dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), mas livre de cloro elementar, ( $\text{Cl}_2$ ); e os processos TCF (*Totally Chlorine-Free*), completamente isentos de cloro, baseados em peróxido, oxigênio ou ozônio. Enfim, houve uma convergência em torno da eficiência do processo ECF (FOLKE et al., 1996). Na Alemanha, porém, ainda hoje prevalece a preferência por polpa TCF. Por esta razão, seus principais fornecedores de celulose são Suécia e Finlândia, que mantêm a produção de polpa TCF, em grande medida, para atender este mercado, estratégico pela proximidade e alta demanda.



**Figura 20. Evolução das importações de celulose da Indonésia, do Brasil e de outros países pela Alemanha, a partir de dados da FAO (2010).**

Mesmo os fornecedores tradicionais do mercado alemão têm enfrentado uma concorrência crescente da fibra secundária, proveniente da reciclagem do papel. No caso da polpa brasileira, a fibra reciclada é um concorrente ainda mais sério. O pensamento corrente alemão em termos de “uso consciente das fibras” é o de uma hierarquia de valor no uso de fibras virgens. No mais baixo nível desta hierarquia

estão os papéis *tissue*, que, pela natureza do uso, não são adequados à reciclagem. Por isso há defensores da ideia de se usar exclusivamente fibra secundária na produção destes papéis (“o último uso da fibra”). Assim, um dos diferenciais técnicos da polpa brasileira, que é conferir maciez ao papel *tissue*, é menos valorizado neste mercado.

No caso da polpa da Indonésia, o fator mais restritivo é a falta de sustentabilidade florestal. Embora haja esforços por parte das duas maiores empresas exportadoras de celulose da Indonésia em demonstrar seu compromisso com uso de madeira plantada e respeito às áreas de alto valor de conservação florestal, é forte a imagem de anos de exploração da floresta tropical nativa. A este fato se alia a percepção que se tem sobre a Indonésia quanto a suas instituições fracas, alto nível de corrupção e conivência do governo com a exploração ilegal de madeira.

### 5.3 Análise de elasticidade de substituição no mercado americano

#### 5.3.1 Estatística descritiva

Os dados de participação e preço de BHKP no mercado americano são apresentados no apêndice B. O preço foi deflacionado pelo PPI (1982 =100). A estatística descritiva dos dados no período de janeiro de 2003 a março de 2010 é apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6. Estatística descritiva para o mercado americano de BHKP, por origem da polpa.**

	Participação, %			Preço deflacionado, US\$/t		
	Brasil	Canadá	Outros	Brasil	Canadá	Outros
média	61	36	4	359,11	340,97	376,52
desvio-padrão	8	8	3	62,98	23,84	79,52

Nota-se que a participação brasileira é bem superior à canadense no mercado americano de BHKP, sendo desprezível a participação individual das demais procedências.

O preço médio da polpa brasileira no período manteve-se superior ao da polpa canadense. Ainda que haja convergência de valores, como esperado para commodities, esta convergência não é total.

### 5.3.2 Determinação dos coeficientes

Descrevemos o mercado americano de celulose de fibra curta quanto às participações do Brasil ( $S_B$ ), do Canadá ( $S_C$ ) e de outros países ( $S_O$ ) conforme o sistema abaixo:

$$S_B = \beta_B + \beta_{BB} \ln p_B + \beta_{BC} \ln p_C + \beta_{BO} \ln p_O$$

$$S_C = \beta_C + \beta_{CB} \ln p_B + \beta_{CC} \ln p_C + \beta_{CO} \ln p_O$$

$$S_O = \beta_O + \beta_{OB} \ln p_B + \beta_{OC} \ln p_C + \beta_{OO} \ln p_O$$

Onde:

$S_i$  = participação (*share*) do país  $i$  no mercado americano de polpa de fibra curta;

$p_i$  = preço da polpa de fibra curta do país  $i$  no mercado americano, em base constante (deflacionado pelo PPI, 1982=100);

Os índices B, C e O identificam o país  $i$ , respectivamente, Brasil, Canadá e outros países.

O resultado da estimativa dos coeficientes  $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$  é apresentado na Tabela 7.

**Tabela 7. Estimativas dos coeficientes da função de custo translog para a polpa de fibra curta no mercado americano, proveniente do Brasil, Canadá e outros países.**

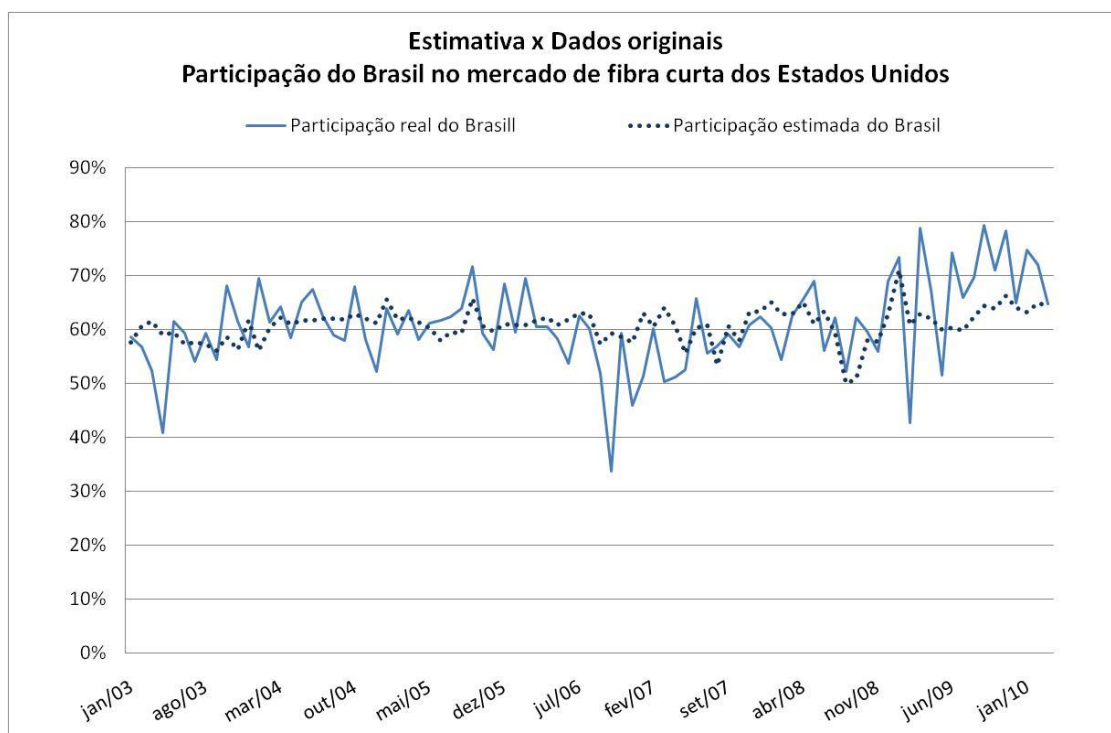
variável	coeficiente	estimativa	desvio-padrão
<b>Brasil</b>			
Intercepto	$\beta_B$	0,61	0,01
$\ln p_B$	$\beta_{BB}$	-0,20	0,05
$\ln p_C$	$\beta_{CB}$	0,18	0,05
$\ln p_O$	$\beta_{OB}$	0,02*	0,02
<b>Canadá</b>			
Intercepto	$\beta_C$	0,35	0,01
$\ln p_B$	$\beta_{BC}$	0,18	0,05
$\ln p_C$	$\beta_{CC}$	-0,18	0,05
$\ln p_O$	$\beta_{OC}$	-0,01*	0,02
<b>Outros países</b>			
Intercepto	$\beta_O$	0,04	0,00
$\ln p_B$	$\beta_{BO}$	0,02*	0,02
$\ln p_C$	$\beta_{CO}$	-0,01*	0,02
$\ln p_O$	$\beta_{OO}$	-0,02*	0,01

\*não significativo. Demais resultados estatisticamente significativos a 1%.

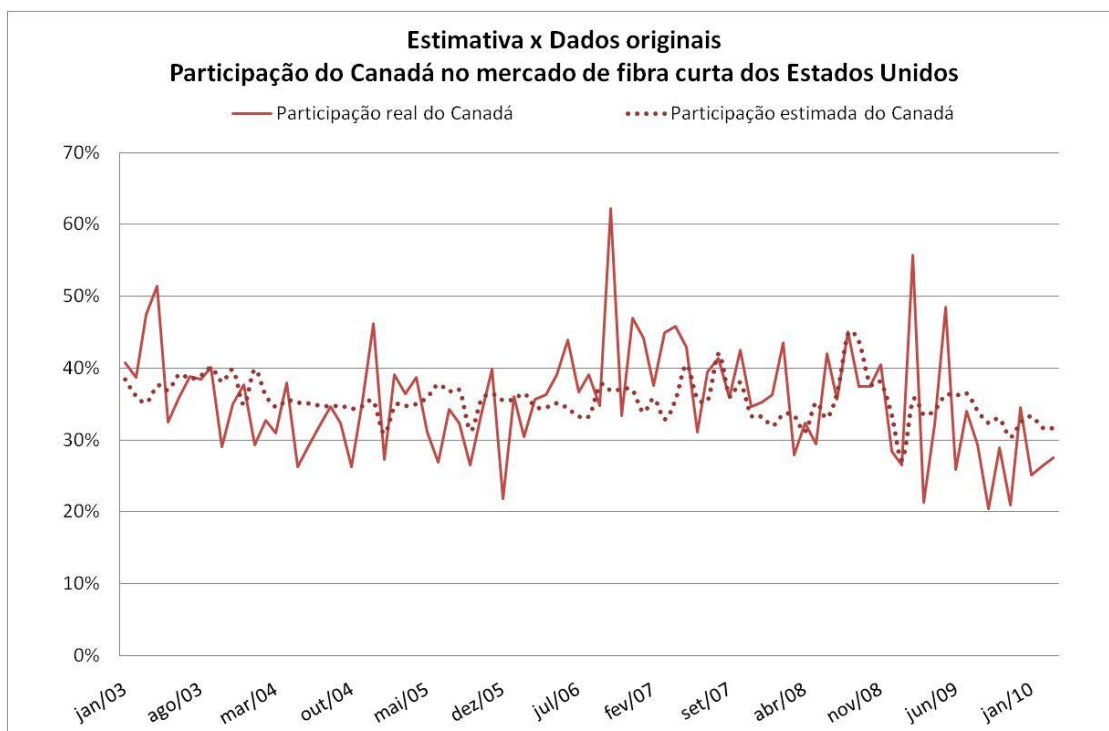
Os coeficientes da função de custo translog ( $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$ ) não têm uma interpretação econômica *per se*, mas servem para a estimativa da elasticidade. É importante notar

que os coeficientes que dizem respeito a “outros países” ( $\beta_{OB}$ ,  $\beta_{OC}$ , e  $\beta_{OO}$ ) apresentaram baixa ou nenhuma significância. Como sua participação (média de 4% no período considerado) é desprezível frente à participação das polpas do Canadá e do Brasil (respectivamente 36% e 61%), concentraremos nossa discussão nestes últimos.

A fim de visualizar o resultado das estimativas dos coeficientes quanto à sua aderência ao comportamento real do mercado, comparamos os dados originais de participação das polpas do Brasil, Canadá e de outros países (no apêndice B) com a participação estimada pela função de custo translog usando os coeficientes da Tabela 7 aplicados aos dados de preço do apêndice B. O resultado encontra-se nas Figuras 21 e 22.



**Figura 21. Comparação entre a participação real do Brasil no mercado americano de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog.**



**Figura 22. Comparação entre a participação real do Canadá no mercado americano de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog.**

Observa-se que as funções estimadas acompanham as oscilações e tendências reais. Não foram encontrados na literatura registros de verificação de aderência semelhantes para fins de comparação, mas foi possível verificar a aderência entre modelo e dados reais a partir do trabalho de Tang et al. (2008), através da recuperação dos dados que serviram de fonte ao estudo. A análise, apresentada no apêndice C, mostra-se compatível com a aderência de resultados obtida no presente trabalho.

Tendo como referência o trabalho de Tang et al e com base na significância dos coeficientes que obtivemos, consideramos nossas estimativas aceitáveis.

### **5.3.3 Elasticidade-preço e elasticidade de substituição no mercado americano**

A partir dos coeficientes estimados na Tabela 6, foram calculadas as elasticidades-preço da demanda por polpa de fibra curta dos países indicados, as elasticidades-preço cruzadas e ainda a elasticidade de substituição de Morishima (MES,

*Morishima Elasticity Substitution*)<sup>35</sup>. Estes resultados são apresentados nas Tabelas 8, 9 e 11, apresentadas a seguir.

**Tabela 8. Elasticidade-preço direta para BHKP do Brasil ( $\epsilon_{BB}$ ), do Canadá ( $\epsilon_{CC}$ ) e de outros países ( $\epsilon_{OO}$ ) no mercado americano**

---

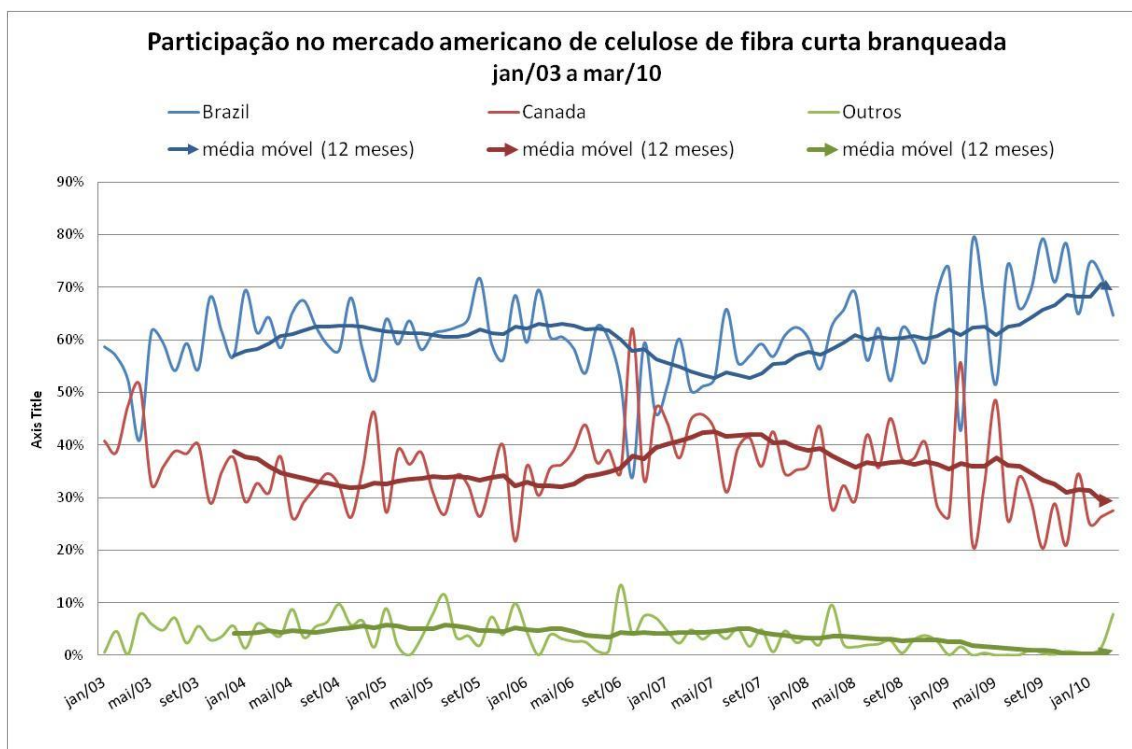
<b>Elasticidade-preço direta:</b>	$\epsilon_{ii} = (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i$
$\epsilon_{BB} =$	-0,728
$\epsilon_{CC} =$	-1,138
$\epsilon_{OO} =$	-1,445

---

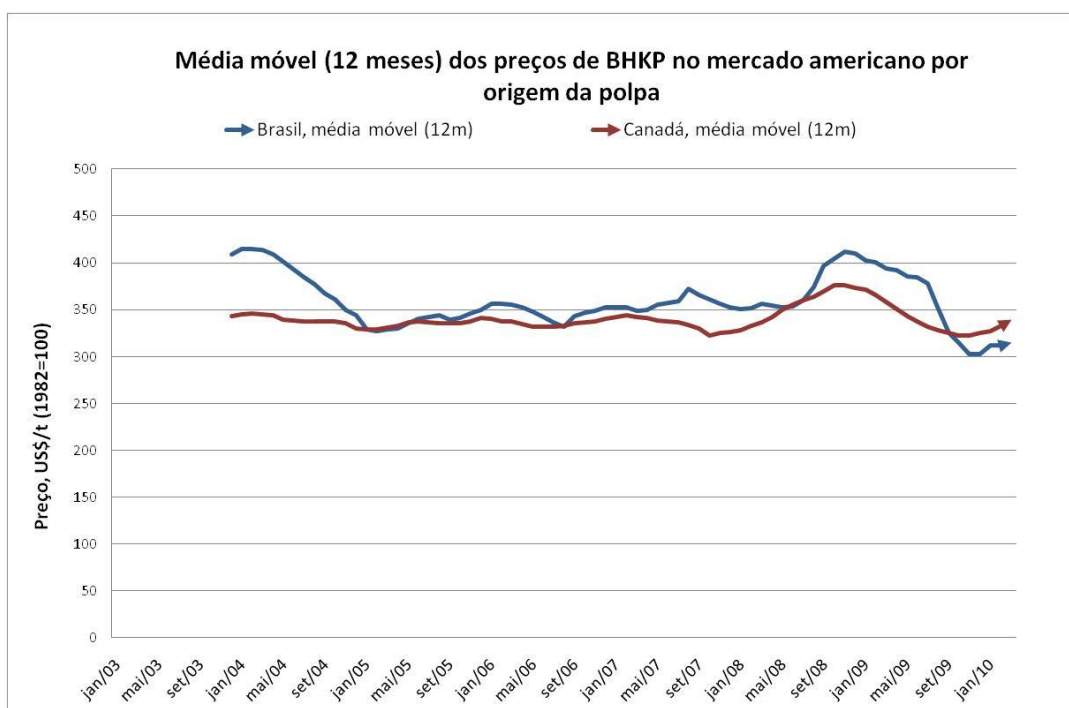
A elasticidade-preço direta da demanda (ou auto-elasticidade),  $\epsilon_{ii}$ , indica qual o impacto esperado sobre a quantidade demandada de um produto para um aumento de 1% em seu preço. Na Tabela 8 todos os resultados apresentaram o sinal adequado (negativo), que indica queda na quantidade demandada em função de aumento do próprio preço. Para a BHKP brasileira, uma queda de 0,7% e para a BHKP canadense, queda de 1,1%. A polpa canadense é, portanto, mais sensível a preço que a brasileira no mercado americano. Este resultado reforça um aspecto que se pode observar na estatística descritiva deste mercado, apresentada anteriormente na tabela 6: a participação brasileira no mercado americano de BHKP é superior à participação canadense (Figura 23), a despeito do preço médio mais alto da polpa brasileira (Figura 24).

---

<sup>35</sup> A elasticidade de substituição de Allen (AES, *Allen Elasticity Substitution*) também foi calculada, já que, historicamente, esta tem sido mais usada que a MES. Os resultados são apresentados apenas como referência no apêndices E, uma vez que o caráter assimétrico da MES representa melhor a realidade econômica e tem, por isso, encontrado maior aplicação entre os trabalhos mais recentes.



**Figura 23. Participação de Brasil, Canadá e outros países no mercado americano de BHKP. Fonte: USITC.**



**Figura 24. Histórico de preços constantes de BHKP brasileira e canadense no mercado americano.<sup>36</sup> Fonte: preços correntes calculados a partir de dados da USITC, deflacionados pelo PPI (1982=100).**

<sup>36</sup> Opta-se por omitir os preços de BHKP de outros países e apresentar a média móvel de 12 meses para facilitar a visualização. Os dados completos encontram-se no apêndice B.

A elasticidade-preço da BHKP de outros países apresentou o sinal correto, e seu valor, que indica queda de 1,4% da demanda para um aumento de 1% no preço, sugere que sua volatilidade no mercado americano é mais dependente de preço que a da polpa canadense. No entanto, a ausência de significância estatística do coeficiente  $\beta_{OO}$ , usado no cálculo da elasticidade-preço, não permite que tal análise seja conclusiva. Isto não prejudica a análise do mercado, dado que a participação de outros países é baixa, tendo-se mantido em torno de 4% no período.

**Tabela 9. Elasticidade-preço cruzada para BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado americano**

Elasticidade-preço cruzada:	$\epsilon_{ij} = (\beta_{ij} + S_i S_j) / S_i$
$\epsilon_{BC} = 0,653$	$\epsilon_{CB} = 1,118$
$\epsilon_{CO} = 0,020$	$\epsilon_{OC} = 0,198$
$\epsilon_{OB} = 1,247$	$\epsilon_{BO} = 0,075$

A elasticidade-preço cruzada  $\epsilon_{ij}$  nos indica qual o efeito relativo sobre a quantidade demandada do produto  $i$ , para um aumento de 1% no preço do produto  $j$ . Assim, os resultados da Tabela 9 indicam que, para um aumento de 1% no preço da polpa brasileira, espera-se um aumento de 1,1% na quantidade demandada de BHKP canadense ( $\epsilon_{CB} = 1,118$ ) e 1,2% na quantidade demandada de BHKP de outros países ( $\epsilon_{OB} = 1,247$ ). Já um aumento de 1% de preço da polpa canadense, leva a um aumento de 0,7% na quantidade demandada de polpa brasileira ( $\epsilon_{BC} = 0,653$ ) e de 0,2% na quantidade demandada de outros países ( $\epsilon_{OC} = 0,198$ ). O aumento de preço da BHKP de outros países tem impacto desprezível sobre a quantidade demandada de BHKP do Brasil e do Canadá.

Para ilustrar o efeito das elasticidades-preço, consideremos as médias dos preços constantes (1982=100) no período estudado. Para um aumento de **10%** no preço da polpa brasileira (de US\$ 359,11/t para US\$ 394,90/t), ou seja, cerca de US\$ 36/t, a participação do Brasil cairia cerca de 7% ( $\epsilon_{BB} = -0,728$ ), passando de 61% para 56%; a participação do Canadá aumentaria aproximadamente 11% ( $\epsilon_{CB} = 1,118$ ), passando a 39% e a participação de outros países aumentaria cerca de 12% ( $\epsilon_{OB} = 1,247$ ), permanecendo em torno de 4%. A Tabela 10 sumariza a estimativa de alteração nas participações de Brasil, Canadá e outros países no



mercado americano de BHKP em decorrência do aumento de preço de cada produto isoladamente, considerando como base os preços e participações médias no período de janeiro de 2003 a março de 2010.

**Tabela 10. Ilustração do efeito das elasticidades-preço no mercado americano de BHKP.**

	Preço constante, US\$/t (1982=100)			Participação, %		
	Brasil	Canadá	Outros	Brasil	Canadá	Outros*
Média de janeiro/2003 a março/2010	359	341	377	61%	36%	4%
Aumento de 10% no preço de BHKP do Brasil	<b>395</b>	341	377	56%	39%	4%
Aumento de 10% no preço de BHKP do Canadá	359	<b>375</b>	377	65%	31%	4%
Aumento de 10% no preço de BHKP de outros países*	359	341	<b>414</b>	61%	36%	3%

\* elasticidades-preço para "outros países" obtida a partir de coeficiente sem significância estatística.

Independente da extensão do impacto sobre as quantidades demandadas por BHKP em função da alteração individual de preços, todos os fornecedores para este mercado apresentaram relação de substituição entre si, indicada pelo sinal positivo das elasticidades-preço de demanda cruzadas. Ou seja, em todos os casos, o aumento de preço individual de um produto provoca aumento da demanda pelos demais produtos.

Pode-se quantificar a preferência do comprador e aferir a existência de fatores extra-preço que determinam esta preferência através da elasticidade de substituição. Neste trabalho usamos a Elasticidade de Substituição de Morishima. A Tabela 11 apresenta os resultados calculados para participações e preços constantes médios no período estudado.

**Tabela 11. Elasticidade de substituição ( $M_{ij}$ ) entre BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado americano.**

Elasticidade de Substituição de Morishima: $M_{ij} = \varepsilon_{ji} - \varepsilon_{ii}$	
$M_{BC} = 1,846$	$M_{CB} = 1,791$
$M_{CO} = 1,336$	$M_{OC} = 1,465$
$M_{OB} = 1,520$	$M_{BO} = 1,975$

A elasticidade de substituição, assim como a elasticidade-preço cruzada, permite avaliar as relações de substituição ou complementaridade entre pares de recursos. Quando o sinal de  $M_{ij}$  é positivo,  $i$  e  $j$  são produtos substitutos, e quando é negativo, são complementares. De acordo com a Tabela 11, todos os agentes analisados apresentam relação de substituição. Este resultado está em linha com a análise de elasticidade-preço de demanda cruzada.

Uma vantagem da aplicação do conceito de elasticidade de substituição é que sua magnitude (o valor de  $M_{ij}$ ) pode ser interpretado como o grau de facilidade com que o produto  $j$  desloca o produto  $i$  na decisão de compra. Esta interpretação só é possível para o par  $(i, j)$ .

A primeira observação que se pode fazer a respeito dos resultados apresentados na Tabela 11 é que todos os valores encontrados são baixos (abaixo de 2). Valores baixos de elasticidade de substituição indicam que há pouca troca de um produto pelo outro no processo produtivo. Além disso, o par (Brasil, Canadá), que representa em média 95% do fornecimento externo para este mercado, apresenta valores de  $M_{ij}$  praticamente coincidentes ( $M_{BC} \approx M_{CB}$ ). Isto indica que, apesar de haver alguma substituição entre a polpa canadense e a brasileira no mercado americano, não há preferência geral por uma polpa em detrimento de outra, e suas participações são estáveis. Estas observações são compatíveis com um mercado maduro, em que a decisão de compra obedece critérios técnico-econômicos já estabelecidos.

## 5.4 Análise de elasticidade de substituição no mercado chinês

### 5.4.1 Estatística descritiva

Os dados de participação e preço de BHKP no mercado chinês são apresentados no apêndice F. O preço foi deflacionado pelo PPI (1982 = 100). A estatística descritiva dos dados no período de janeiro de 2003 a março de 2010 é apresentada na Tabela 12.

**Tabela 12. Estatística descritiva para o mercado chinês de BHKP, por origem da polpa.**

	Participação, %			Preço deflacionado, US\$/t		
	Brasil	Indonésia	Outros	Brasil	Indonésia	Outros
média	30	39	31	384,55	369,22	372,30
desvio-padrão	10	13	8	48,55	48,55	46,73

### 5.4.2 Determinação dos coeficientes

Descrevemos o mercado chinês de celulose de fibra curta quanto às participações do Brasil ( $S_B$ ), da Indonésia ( $S_I$ ) e de outros países ( $S_O$ ) conforme o sistema a seguir:

$$S_B = \beta_B + \beta_{BB} \ln p_B + \beta_{BI} \ln p_I + \beta_{BO} \ln p_O$$

$$S_I = \beta_I + \beta_{IB} \ln p_B + \beta_{II} \ln p_I + \beta_{IO} \ln p_O$$

$$S_O = \beta_O + \beta_{OB} \ln p_B + \beta_{OI} \ln p_I + \beta_{OO} \ln p_O$$

Onde:

$S_i$  = participação (*share*) do país  $i$  no mercado chinês de polpa de fibra curta;

$p_i$  = preço da polpa de fibra curta do país  $i$  no mercado chinês, em base constante (deflacionado pelo PPI, 1982=100);

Os índices B, I e O identificam o país  $i$ , respectivamente, Brasil, Indonésia e outros países.

O resultado da estimativa dos coeficientes  $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$  é apresentada na Tabela 13.

**Tabela 13. Estimativas dos coeficientes da função de custo translog para a polpa de fibra curta no mercado chinês, proveniente do Brasil, Indonésia e outros países.**

variável	coeficiente	estimativa	desvio-padrão
<b>Brasil</b>			
Intercepto	$\beta_B$	0,34	0,02
$\ln p_B$	$\beta_{BB}$	-1,02	0,37
$\ln p_I$	$\beta_{IB}$	1,61	0,40
$\ln p_O$	$\beta_{OB}$	-0,59*	0,42
<b>Indonésia</b>			
Intercepto	$\beta_I$	0,32	0,02
$\ln p_B$	$\beta_{BI}$	1,61	0,40
$\ln p_I$	$\beta_{II}$	-2,25	0,61
$\ln p_O$	$\beta_{OI}$	0,65*	0,53
<b>Outros países</b>			
Intercepto	$\beta_O$	0,34	0,02
$\ln p_B$	$\beta_{BO}$	-0,59*	0,42
$\ln p_I$	$\beta_{IO}$	0,65*	0,53
$\ln p_O$	$\beta_{OO}$	-0,06*	0,78

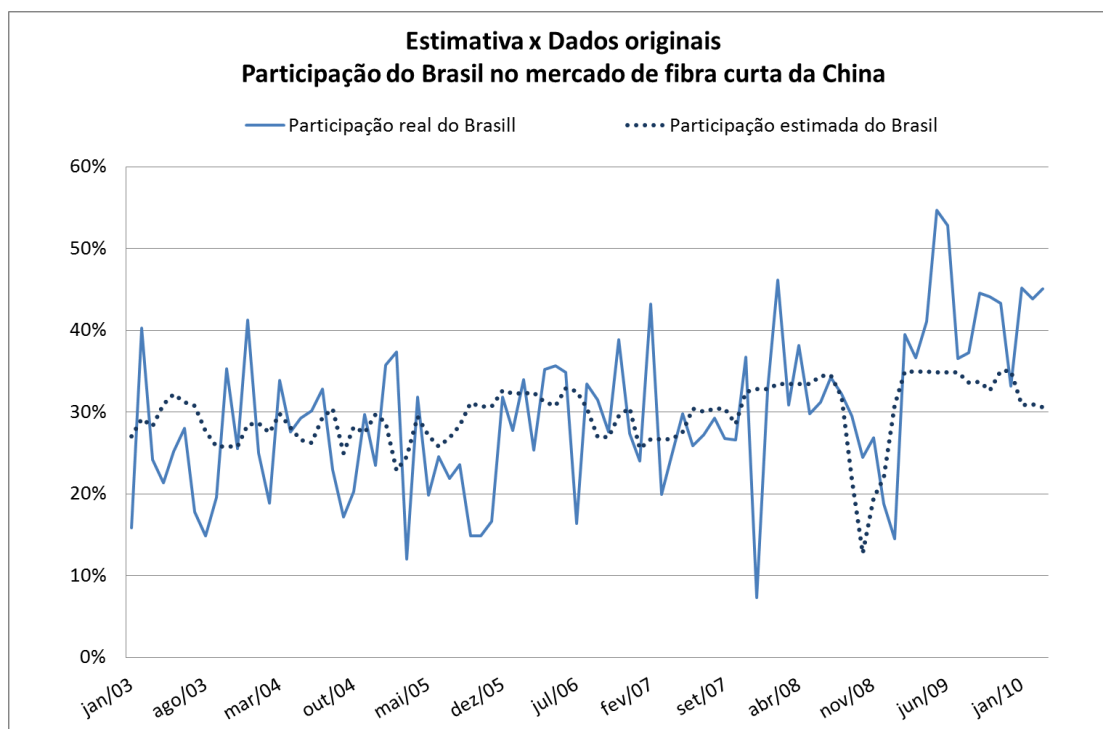
\*não significativo. Demais resultados estatisticamente significativos a 1%.

Conforme mencionado anteriormente, os coeficientes da função de custo translog ( $\beta_i$  e  $\beta_{ij}$ ) não têm uma interpretação econômica *per se*, prestando-se à estimativa da elasticidade. Também no caso do mercado chinês os coeficientes que dizem respeito a “outros países” ( $\beta_{OB}$ ,  $\beta_{OI}$ , e  $\beta_{OO}$ ) apresentaram baixa ou nenhuma significância. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que as polpas agrupadas na categoria “outros países” apresentam preços e participações distintos. Aí estão agrupadas polpas da Rússia, Tailândia, Canadá, Estados Unidos, Chile, e, a partir de 2008, Uruguai. Como não há dados confiáveis registrando o preço e a

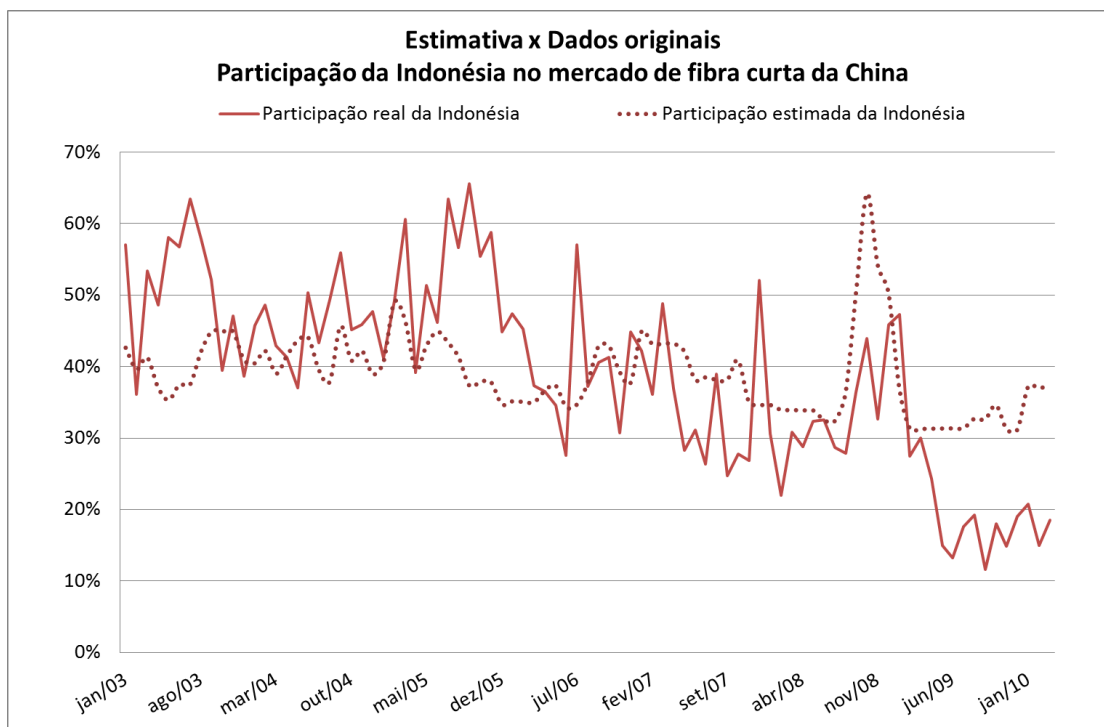
participação de cada uma delas no mercado chinês, o agrupamento é necessário para que se possam estimar as equações de demanda relativa de Brasil e Indonésia – cujos parâmetros foram estimados com significância estatística a 1%.

A despeito do argumento de McColskey e Ziliak (1996), segundo o qual a significância estatística não é condição suficiente ou mesmo necessária para a existência de significância econômica, neste caso entendemos que os coeficientes obtidos para a explicação da participação de “outros países” no mercado chinês devem ser usados com cautela. Como a análise de elasticidade é feita para o par (i,j), a participação de outros países não afeta a análise da dinâmica entre Brasil e Indonésia como fornecedores de BHKP para o mercado chinês.

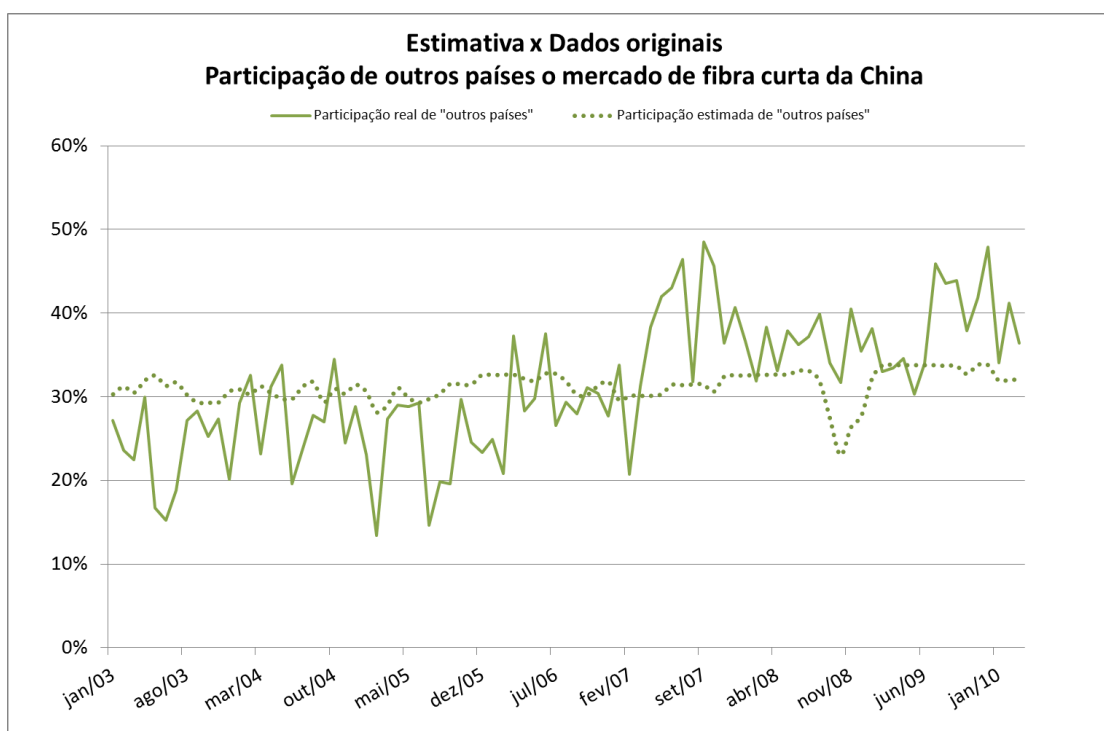
Também neste caso comparamos os dados originais de participação das polpas do Brasil, Indonésia e de outros países (no apêndice F) com a participação estimada pela função de custo translog, a fim de visualizar o resultado das estimativas dos coeficientes quanto à sua aderência ao comportamento real do mercado. Foram usados os coeficientes da Tabela 7 e os dados de preço do apêndice F, e o resultado se encontra nas Figuras 25 a 27.



**Figura 25. Comparação entre a participação real do Brasil no mercado chinês de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog.**



**Figura 26. Comparação entre a participação real da Indonésia no mercado chinês de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog.**



**Figura 27. Comparação entre a participação real de outros países (que não Brasil e Indonésia) no mercado chinês de BHKP e a participação estimada pela função de custo translog.**

Observa-se que as funções estimadas acompanham as oscilações e tendências reais, particularmente para Brasil e Indonésia. O nível de aderência, no entanto, é

baixo, em especial para “outros países” (Figura 27). Nas Figuras 25 e 26, referentes a Brasil e Indonésia, nota-se um descolamento entre estimativa e comportamento real no período mais recente, a partir de 2009. Uma possível razão para este descolamento é o fato deste período ser marcado por uma atípica identidade de preços, fruto da queda abrupta dos preços de commodities motivada pela crise de crédito e liquidez iniciada em setembro de 2008.

Consideramos as estimativas aceitáveis baseados no nível de significância dos coeficientes e no comportamento das elasticidades calculadas a partir deles.

#### **5.4.3 Elasticidade-preço e elasticidade de substituição no mercado chinês**

A partir dos coeficientes estimados na Tabela 7, foram calculadas as elasticidades-preço da demanda por polpa de fibra curta dos países indicados, as elasticidades-preço cruzadas e ainda a elasticidade de substituição de Morishima (MES, *Morishima Elasticity Substitution*)<sup>37</sup>. Estes resultados são apresentados nas Tabelas 14, 15 e 16.

**Tabela 14. Elasticidade-preço direta para BHKP do Brasil ( $\epsilon_{BB}$ ), da Indonésia ( $\epsilon_{II}$ ) e de outros países ( $\epsilon_{OO}$ ) no mercado chinês**

<b>Elasticidade-preço direta:</b>	$\epsilon_{ii} = (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i$
$\epsilon_{BB} =$	-4,139
$\epsilon_{II} =$	-6,368
$\epsilon_{OO} =$	-0,890

Todos os resultados da elasticidade-preço direta da demanda (ou auto-elasticidade),  $\epsilon_{ii}$ , apresentaram o sinal adequado (negativo), que indica queda na quantidade demandada em função de aumento do próprio preço. Para a BHKP brasileira, uma queda de 4%; para a BHKP indonésia, queda de 6%. A polpa indonésia é, portanto, mais sensível a preço que a brasileira no mercado chinês. É um indício de que existem outros fatores que definem a preferência por polpa brasileira no mercado chinês, além do preço. Nota-se que, em comparação ao mercado americano, os

<sup>37</sup> Como referência, realizamos também o cálculo da elasticidade de substituição de Allen. Os resultados para a elasticidade de substituição de Morishima e de Allen são apresentados no apêndice H.

valores de auto-elasticidade são bem mais expressivos, indicando mercado mais volátil.

A elasticidade-preço da BHKP de outros países apresentou o sinal correto, e seu valor em torno de 1% sugere que a preferência por estas polpas pelo mercado chinês é ainda menos dependente de preço que a preferência por polpa brasileira. No entanto, o fato da categoria “outros países” consolidar polpas de tipos muito diferentes, inclusive no aspecto morfológico da fibra (o que se reflete na ausência de significância estatística do coeficiente  $\beta_{OO}$ , usado no cálculo da elasticidade-preço), não permite que tal análise seja conclusiva.

**Tabela 15. Elasticidade-preço cruzada para BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado chinês**

Elasticidade-preço cruzada:	$\epsilon_{ij} = (\beta_{ij} + S_i S_j) / S_i$
$\epsilon_{BI} = 5,827$	$\epsilon_{IB} = 4,426$
$\epsilon_{IO} = 1,983$	$\epsilon_{OI} = 2,478$
$\epsilon_{OB} = -1,588$	$\epsilon_{BO} = -1,673$

Os resultados da elasticidade-preço cruzada,  $\epsilon_{ij}$ , apresentados na Tabela 9 indicam que, para um aumento de 1% no preço da BHKP brasileira, espera-se um aumento de 4,4% na quantidade demandada de polpa indonésia ( $\epsilon_{IB} = 4,4$ ). Já um aumento de 1% de preço da polpa indonésia, leva a um aumento de 5,8% na quantidade demandada de polpa brasileira ( $\epsilon_{BI} = 5,8$ ).

Se admitirmos os resultados referentes a “outros países”, a Tabela 9 informa que há uma relação de substituição entre a BHKP destes e da Indonésia, com elasticidade-preço em torno de 2%, porém entre BHKP brasileira e de outros países há uma relação de complementaridade, ou seja, o aumento no preço de um deles leva a uma redução na demanda do outro.

A Tabela 16 ilustra o efeito das elasticidades-preço no mercado chinês de BHKP. Para um aumento de 1% no preço da polpa brasileira (de US\$ 384,50/t para US\$ 388,40/t), ou seja, cerca de US\$ 4/t, a participação do Brasil cairia cerca de 4% ( $\epsilon_{BB} = -4,139$ ), passando de 30% para 28%; a participação de outros países também cairia, porém menos de 2% ( $\epsilon_{OB} = -1,602$ ), permanecendo em torno de 31%; enquanto a participação da Indonésia aumentaria em 4% ( $\epsilon_{IB} = 4,426$ ), passando a 41%.

**Tabela 16. Ilustração do efeito das elasticidades-preço no mercado chinês de BHKP.**

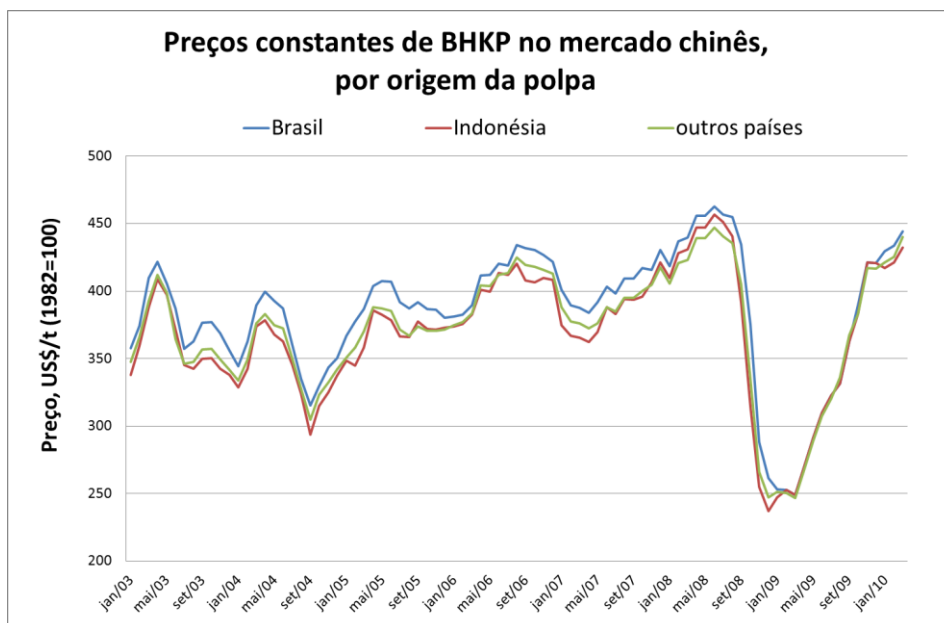
	Preço constante, US\$/t (1982=100)			Participação, %		
	Brasil	Indonésia	Outros	Brasil	Indonésia	Outros*
Média de janeiro/2003 a março/2010	385	369	372	30%	39%	31%
Aumento de 1% no preço de BHKP do Brasil	<b>388</b>	369	372	28%	41%	31%
Aumento de 1% no preço de BHKP da Indonésia	385	<b>373</b>	372	31%	37%	32%
Aumento de 1% no preço de BHKP de outros países*	385	369	<b>376</b>	29%	40%	31%

\* elasticidades-preço para “outros países” obtida a partir de coeficiente sem significância estatística.

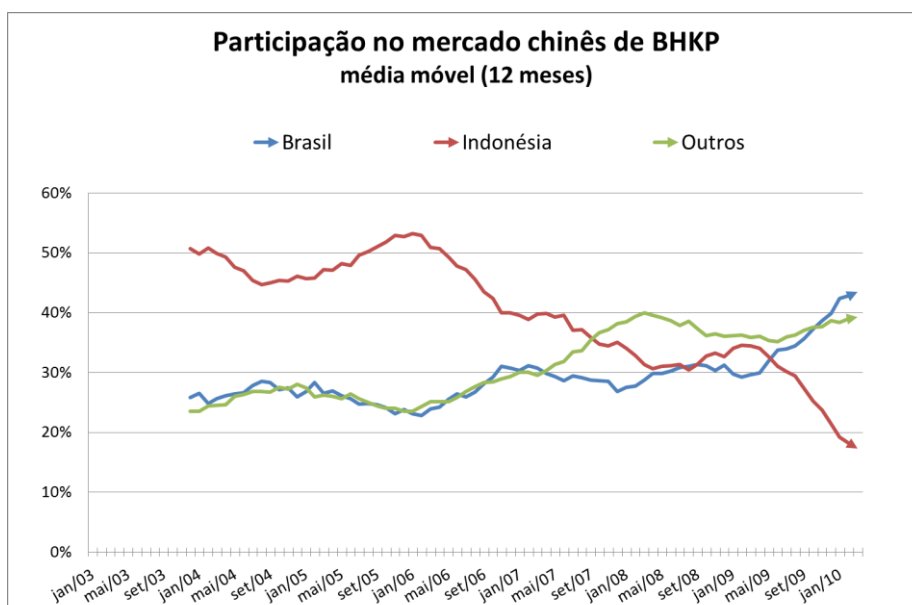
Apesar da ausência de significância estatística dos coeficientes obtidos para a equação de demanda relativa da BHKP de outros países, o resultado para “outros” apresentado na Tabela 16 é consistente com a dinâmica de substituição entre BHKP do Brasil e da Indonésia. Esta substituição, indicada pelas elasticidades-preço cruzadas  $\epsilon_{IB}$  e  $\epsilon_{BI}$ , e complementada pelas elasticidades-preço diretas  $\epsilon_{BB}$  e  $\epsilon_{II}$  (todas estas obtidas a partir de coeficientes com significância econômica e estatística), permite a estimativa confiável das participações de Brasil e Indonésia no mercado chinês de BHKP para aumento de 1% no preço de cada um destes produtos. A participação de “outros” sob estas circunstâncias foi feita a partir de  $\epsilon_{OB}$  e  $\epsilon_{OI}$ , e o resultado foi consistente com a parcela remanescente do mercado, excluídas as participações de Brasil e Indonésia calculadas independentemente.

Não se trata, aqui, de analisar uma simples diferença de preço: o comprador, naturalmente, sempre prefere o menor preço, mantidas as demais condições. O que se pretende é encontrar evidências quantificáveis das preferências que transcendem o preço. É relevante observar que a polpa brasileira apresenta preço sistematicamente superior ao da polpa indonésia, tendo ambas apresentado o mesmo preço em apenas 11% das observações (Figura 28). A participação da polpa brasileira no mercado chinês, por outro lado, não é sistematicamente inferior à da polpa indonésia, como se pode ver na Figura 29. Esta simples observação permite a conclusão qualitativa de que existem outros fatores, além do preço, que influenciam a preferência dos compradores chineses e favorece a polpa brasileira em relação à indonésia.





**Figura 28. Histórico de preços constantes de BHKP no mercado chinês. Fonte: preços correntes cedidos por Hawkins Wright, deflacionados pelo PPI (1982=100).**



**Figura 29. Participação de Brasil, Indonésia e outros países no mercado chinês de BHKP, expressa como média móvel de 12 meses<sup>38</sup>. Fonte: dados de importação cedidos por Hawkins Wright.**

Para quantificar a preferência do comprador e aferir a existência de fatores extra-preço que determinam esta preferência usamos a Elasticidade de Substituição de

<sup>38</sup> Opta-se pela apresentação da média móvel de 12 meses ao invés dos valores reais mês a mês em função da facilidade de visualização. Os valores mensais encontram-se no Apêndice F.

Morishima. A Tabela 17 apresenta os resultados calculados para participações e preços constantes médios no período estudado.

**Tabela 17. Elasticidade de substituição ( $M_{ij}$ ) entre BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado chinês.**

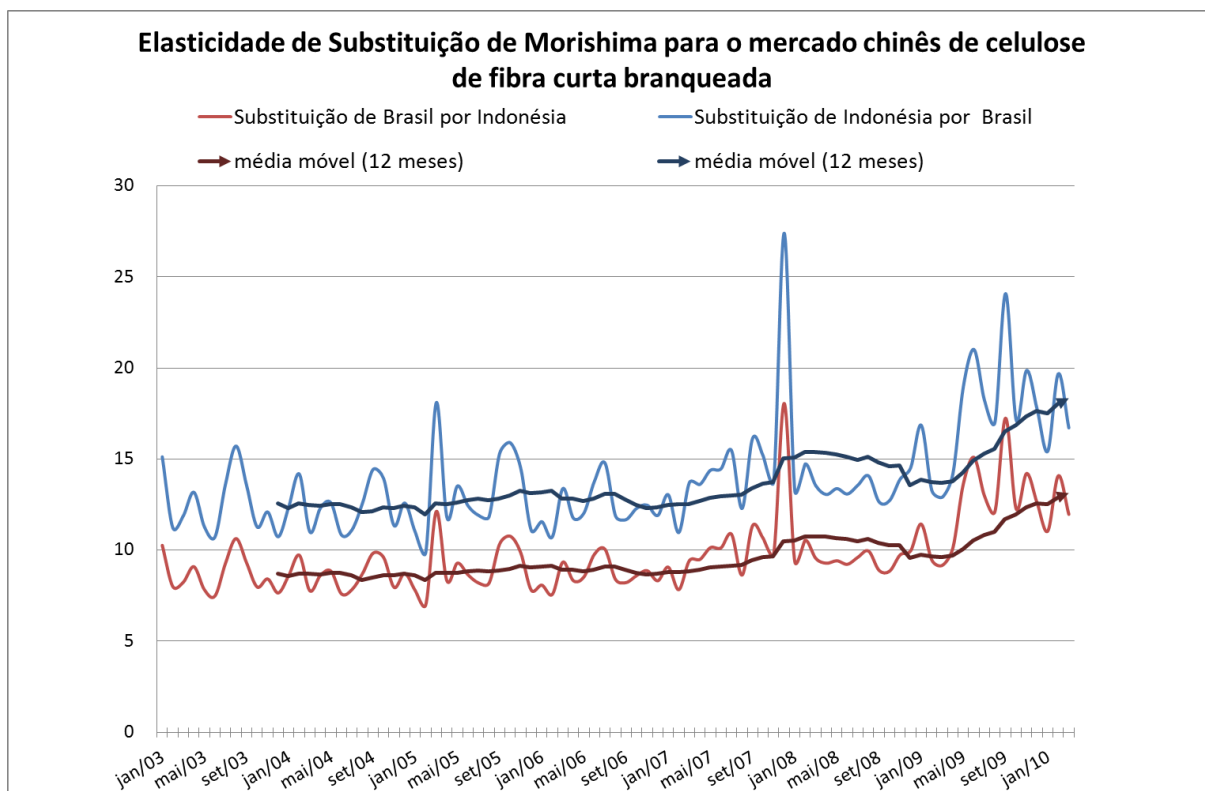
Elasticidade de Substituição de Morishima:		$M_{ij} = \epsilon_{ji} - \epsilon_{ii}$
$M_{BI} =$	8,565	$M_{IB} =$ 12,195
$M_{IO} =$	8,846	$M_{OI} =$ 2,872
$M_{OB} =$	-0,783	$M_{BO} =$ 2,551

A elasticidade de substituição, assim como a elasticidade-preço cruzada, permite avaliar as relações de substituição ou complementaridade entre pares de recursos. Mas, enquanto a elasticidade-preço cruzada permite inferências sobre o mercado de fatores, a elasticidade de substituição reflete o processo produtivo (GOMES; ROSADO, 2005).

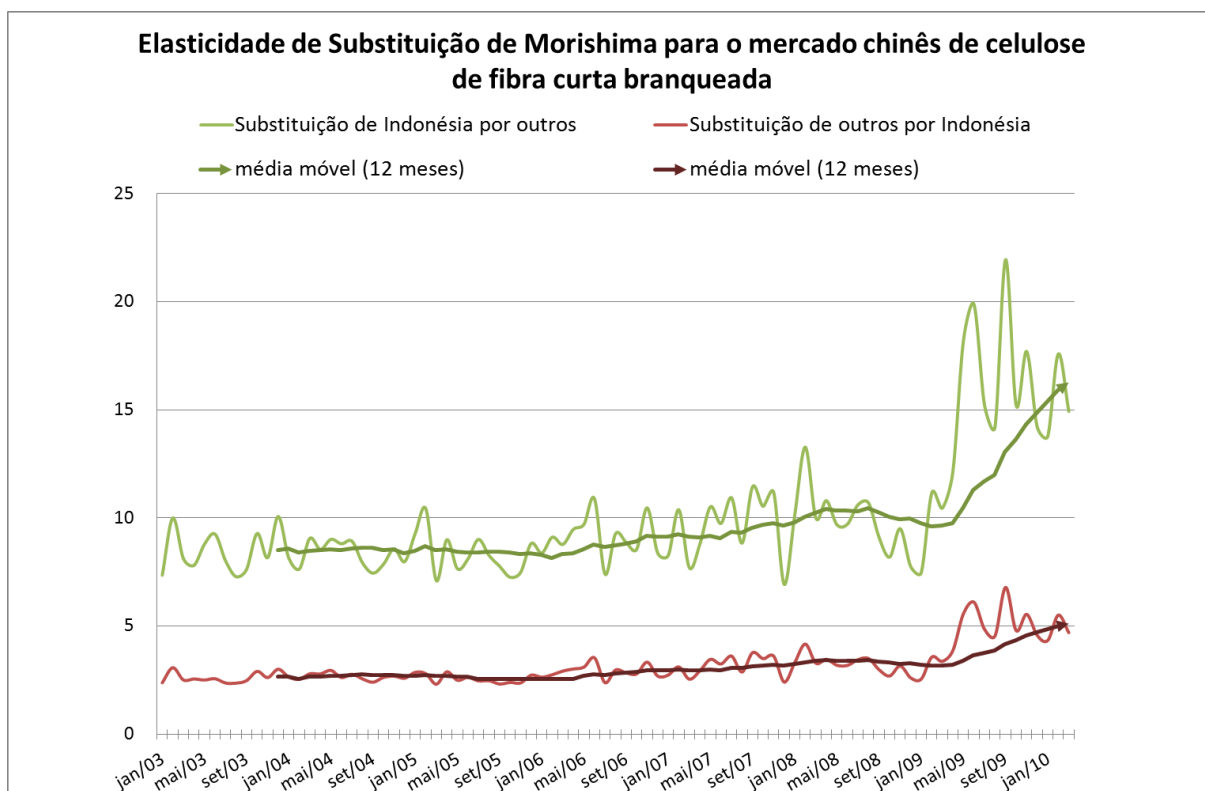
Conforme mencionado anteriormente, um sinal positivo de  $M_{ij}$  indica que  $i$  e  $j$  são produtos substitutos, e quando o sinal é negativo,  $i$  e  $j$  são complementares. A magnitude da elasticidade de substituição ( $M_{ij}$ ) pode ser interpretada como o grau de facilidade com que o produto  $j$  desloca o produto  $i$  na decisão de compra.

De acordo com a Tabela 17, há uma relação de substituição entre as polpas brasileira e indonésia, sendo que a BHKP brasileira tem maior facilidade em deslocar a BHKP indonésia que o contrário ( $M_{IB} > M_{BI}$ ). Admitindo-se os resultados obtidos para BHKP de outros países – ainda que na ausência de significância estatística dos coeficientes descritivos de sua demanda parcial – observa-se relação de substituição entre esta e a BHKP indonésia, com ampla preferência pela polpa de outros países sobre a polpa indonésia ( $M_{IO} \gg M_{OI}$ ). A dinâmica entre BHKP de outros países e do Brasil é um pouco mais complexa: a polpa de outros países substitui a brasileira ( $M_{BO} > 0$ ), mas esta é complementar à de outros países ( $M_{OB} < 0$ ).

As relações observadas entre as elasticidades de substituição calculadas sobre as médias mostraram-se consistentes para todo o período estudado (Figuras 30, 31 e 32).



**Figura 30. Evolução da elasticidade de substituição de Morishima para o par Brasil/Indonésia no mercado chinês de BHKP.**



**Figura 31. Evolução da elasticidade de substituição de Morishima para o par Indonésia/outros países no mercado chinês de BHKP.**

Na análise da evolução das elasticidades de substituição ao longo do tempo, é importante lembrar que os coeficientes estimados para a função de custo translog que serve de base para o cálculo das elasticidades representa adequadamente as oscilações e tendências do comportamento econômico real, mas tem baixa aderência ponto a ponto, como vimos nas Figuras 25 e 27. Isto significa que não é possível fazer uma interpretação pontual válida, daí a opção por apresentar a média móvel de 12 meses. Os valores pontuais (mensais) são apresentados para demonstrar que não há inversão de tendências.

O período mais recente, a partir de janeiro de 2009, mostra maior volatilidade do mercado, tanto para o par Brasil/Indonésia quanto para o par Indonésia/outros países, indicada pelo aumento das elasticidades de substituição (Figuras 30 e 31). Este aumento de volatilidade é consistente com o momento econômico pós-crise<sup>39</sup>, que veio acompanhado de alterações substanciais na configuração das participações no mercado chinês de BHKP (Figura 29). Pode-se atribuir esta alteração à convergência de preços que ocorreu praticamente durante todo o ano: ao mesmo nível de preço, a preferência pelas polpas do Brasil e de outros países em detrimento da polpa indonésia redefine a divisão do mercado. No entanto, esta observação deve ser feita com cautela, pois outros fatores - além da convergência de preços - podem estar dirigindo este processo. Nota-se, da Figura 29, que a tendência de redução da participação da Indonésia tem início em período muito anterior à crise de 2008.

Embora o modelo de substituição não comporte uma análise da magnitude da oferta de cada fator, sabemos que a capacidade chinesa de papel cresce a uma taxa diferente da taxa de crescimento da capacidade de BHKP nos diferentes países. Nota-se, especialmente, que a taxa de aumento da demanda chinesa por BHKP é superior à taxa de crescimento da capacidade indonésia de BHKP. Neste caso, deve-se admitir que o aumento absoluto de demanda influencia as participações no

---

<sup>39</sup> Em setembro de 2008 foi deflagrada a maior crise global de crédito e liquidez desde o *crash* da bolsa em 1929, afetando todos os setores da economia em todo o mundo.

mercado, além das preferências técnicas. Em outras palavras, o mercado real não tem comportamento homotético<sup>40</sup>.

Davis e Shumway (1996) apontaram limitações ao uso da elasticidade de substituição de Morishima sob condições de não-homoteticidade, e propuseram um modelo mais genérico, que chamaram de “FRES, factor ratio elasticity of substitution” (elasticidade de substituição da razão dos fatores, em tradução livre). Posteriormente, Blackory et al. (2007) também revisitaram o modelo de Morishima e o generalizaram para a condição de não-homoteticidade, conforme apresentado no Capítulo 3. No entanto, a aplicação empírica destes modelos mais robustos enfrenta um obstáculo de ordem prática: a necessidade de dados confiáveis do preço do produto. No caso em estudo, seria necessário levantar o preço ponderado de todos os papéis produzidos no mercado chinês, do papel de embalagem ao papel sanitário, mês a mês. Ainda que houvesse disponibilidade de tais dados no nível de detalhe necessário para a ponderação, a significância neste nível de agregação seria questionável.

Seguindo Davis e Shumway, nossa interpretação da magnitude da elasticidade de substituição de Morishima se restringe à indicação da curvatura da isoquanta, que, segundo os autores, prescinde da condição de homoteticidade. Assim, nos atemos a entender a magnitude da elasticidade como o grau de facilidade de substituição, sem projetar participações em função de alteração na relação de preços.

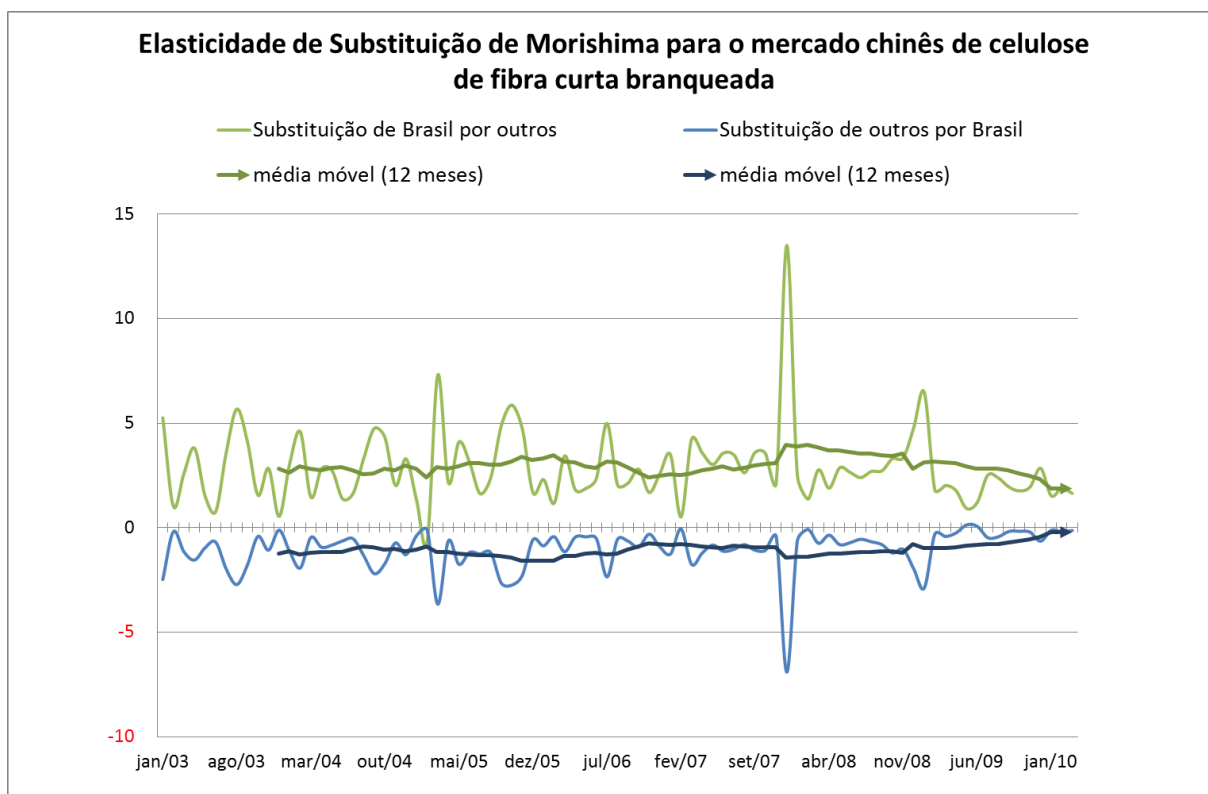
Na Figura 32, vemos que a polpa de outros países substitui a polpa do Brasil. A elasticidade aqui é comparativamente baixa em relação aos pares Brasil/Indonésia e Indonésia/outros, mas ainda assim expressiva em relação aos resultados obtidos para o mercado americano. Ainda nesta figura, chamam atenção os valores negativos da elasticidade de Morishima da polpa brasileira em relação à de outros países, denotando que, ao invés de substituir, a polpa brasileira complementa a de outros países.

A relação de complementaridade entre insumos que aparentemente competem entre si pode indicar que um dos insumos tem um atributo inferior, que precisa ser

---

<sup>40</sup> Em condições homotéticas, a preferência pelos fatores não se altera em função da renda ou da escala do comprador (preferências homotéticas), e há linearidade entre a quantidade de insumos e produtos (tecnologia homotética).

compensado pela presença do outro. Este atributo inferior pode ser técnico (por exemplo, fibras menos resistentes) ou econômico (compensa-se o uso de um insumo “caro” através do uso de outro mais barato em produtos menos nobres). Pode ainda ser decorrente da estratégia de produção do consumidor: processos produtivos mais diversificados, com diferentes categorias de produtos, tendem a demandar insumos também diversificados e específicos para cada categoria.



**Figura 32. Evolução da elasticidade de substituição de Morishima para o par Brasil/outros países no mercado chinês de BHKP.**

Considerando a diversidade de origens e tipos de fibra que compõem BHKP de “outros países”, é possível que mais de um destes processos esteja presente. Enquanto todo o leque de produtos de outros países – que compreende desde polpas de eucalipto do Chile e do Uruguai, até fibras mistas da América do Norte, Rússia e de países do Pacífico Sul – consegue suprir uma eventual demanda técnica por BHKP brasileira, o contrário não se observa.

Por outro lado, observa-se que entre a polpa da Indonésia e a de outros países observa-se estritamente uma relação de substituição. Uma possível explicação para este fato é que a compra de BHKP da Indonésia é um processo fortemente orientado por preço.

## 5.5 Dos setores fornecedores de celulose de mercado

### 5.5.1 Custos de produção de BHKP

As Figuras 33 e 34 indicam o custo médio estimado de produção de BHKP destinada ao mercado em diferentes países exportadores, respectivamente em 2001 e 2008. Os valores não incluem amortização e depreciação (custo-caixa), nem despesas de vendas e entrega. Nota-se uma diferença de patamar de custos entre os países do Hemisfério Norte (França, Portugal, Espanha, Canadá, Suécia, Noruega, Bélgica, Finlândia e Estados Unidos) e do Hemisfério Sul (Brasil, Indonésia e Chile). Esta diferença é esperada, uma vez que a mão de obra dos países do norte, mais desenvolvido, é mais cara. Além disso, em função do clima, as árvores crescem mais rapidamente nos países do sul, e quanto maior a produtividade florestal, menor o custo de madeira. Estes dados são compatíveis com o argumento de que os países exportadores de BHKP do hemisfério sul têm sua competitividade determinada por vantagens comparativas de localização.

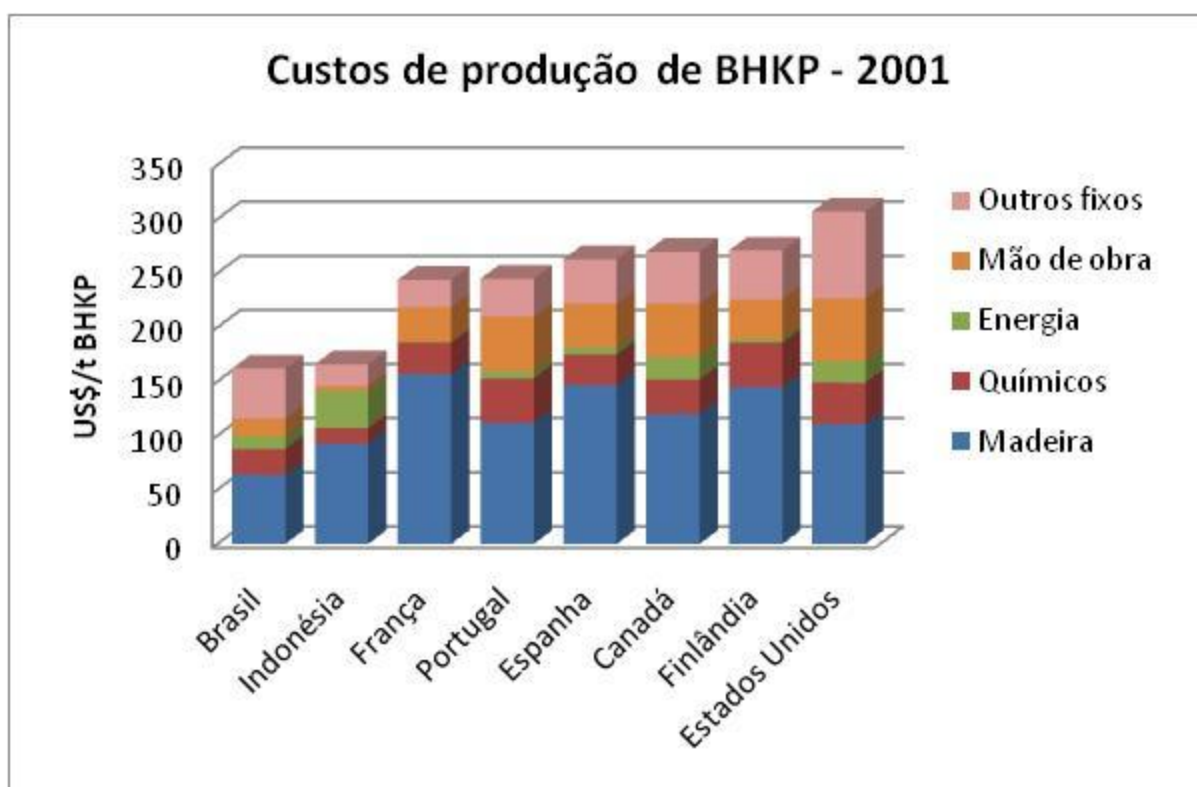


Figura 33. Custo-caixa unitário de produção de BHKP por país. Fonte: elaborado a partir de dados de Hawkins Wright<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> HAWKINS WRIGHT. 2001. Outlook for Market Pulp.

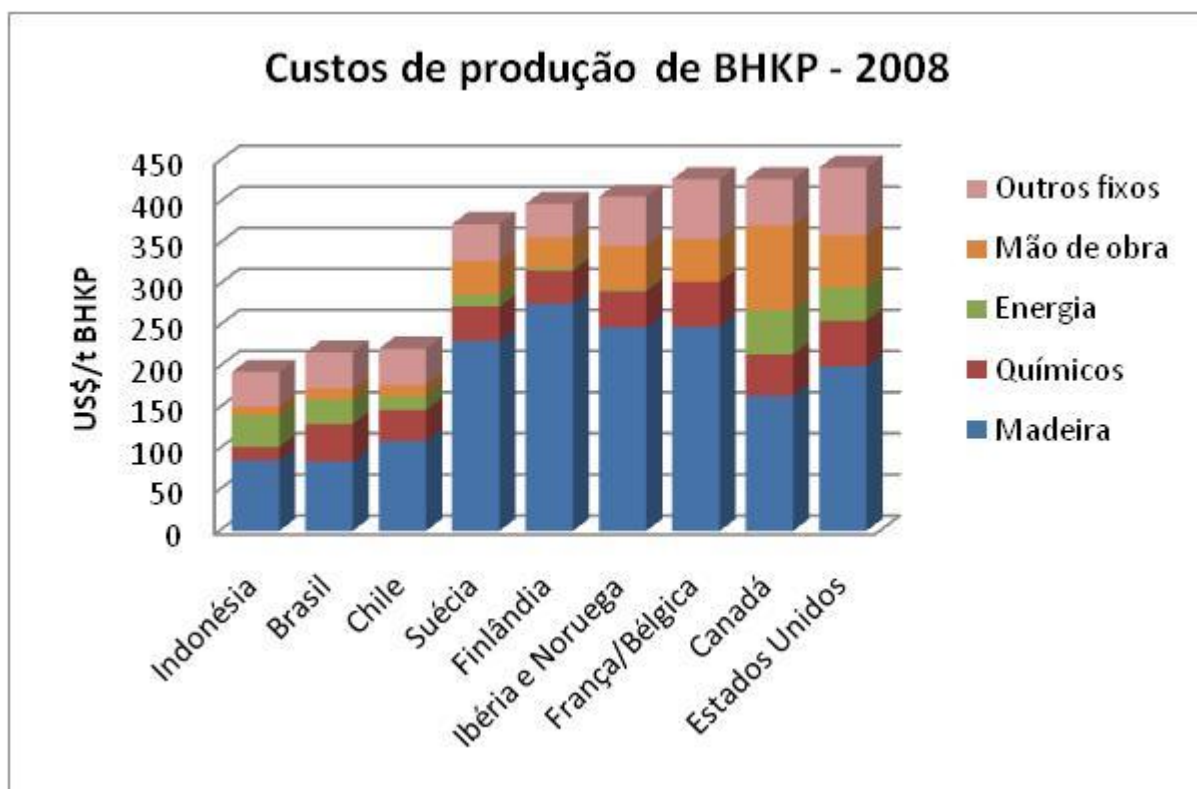


Figura 34. Custo-caixa unitário de produção de BHKP por país. Fonte: : elaborado a partir de dados de Hawkins Wright<sup>42</sup>.

No entanto, ao compararmos a evolução da relação entre os custos do Hemisfério Sul e do Hemisfério Norte, observamos que, entre 2001 e 2008, o “gap” de custo unitário entre Norte e Sul não aumentou linearmente para os diferentes itens de custo. Esta comparação, apresentada na Tabela 18 e ilustrada pela Figura 35, foi feita corrigindo-se o efeito cambial entre os dois momentos conforme as taxas usadas na apuração de custos (Tabela 19)<sup>43</sup>.

<sup>42</sup> HAWKINS WRIGHT. 2008. Outlook for Market Pulp.

<sup>43</sup> As médias do Hemisfério Sul não incluem Chile em função da indisponibilidade de dados deste país em 2001. Todos os custos apurados em julho de 2001 foram atualizados para a base cambial dezembro de 2008, referenciada em dólares americanos, assumindo-se que todos os custos ocorrem na moeda local.



Tabela 18. Evolução do "gap" de custo-caixa de produção de BHPK por região em US\$/t.

US\$/t	2001			2008		
	Hemisfério Sul (HS)	Hemisfério Norte (HN)	$\Delta$ (HN-HS)	Hemisfério Sul (HS)	Hemisfério Norte (HN)	$\Delta$ (HN-HS)
Madeira	78	174	97	85	228	143
Químicos	19	44	25	31	48	17
Energia	23	13	-11	34	18	-16
<b>Custos variáveis</b>	120	231	111	155	294	139
Mão de obra	10	55	45	12	58	46
Outros fixos	33	55	23	43	59	16
<b>Custos fixos</b>	43	110	67	55	117	62
<b>CUSTO CAIXA TOTAL</b>	162	341	179	210	411	201

Tabela 19. Taxas de câmbio usadas na cálculo de custo médio de produção de BHPK (HAWKINS WRIGHT, 2001 e 2008).

		julho/01	dezembro/08
<b>Indonésia</b>	IDR	11283	11453
<b>Brasil</b>	R\$	2,28	2,29
<b>Europa</b>	Euro	1,12	0,79
<b>Canadá</b>	CAD	1,54	1,22
<b>Suécia</b>	SKR	10,41	8,04
<b>Estados Unidos</b>	US\$	1,00	1,00

De acordo com a Figura 35, com exceção do custo de madeira, as vantagens dos países do Hemisfério Sul diminuíram ou se mantiveram.

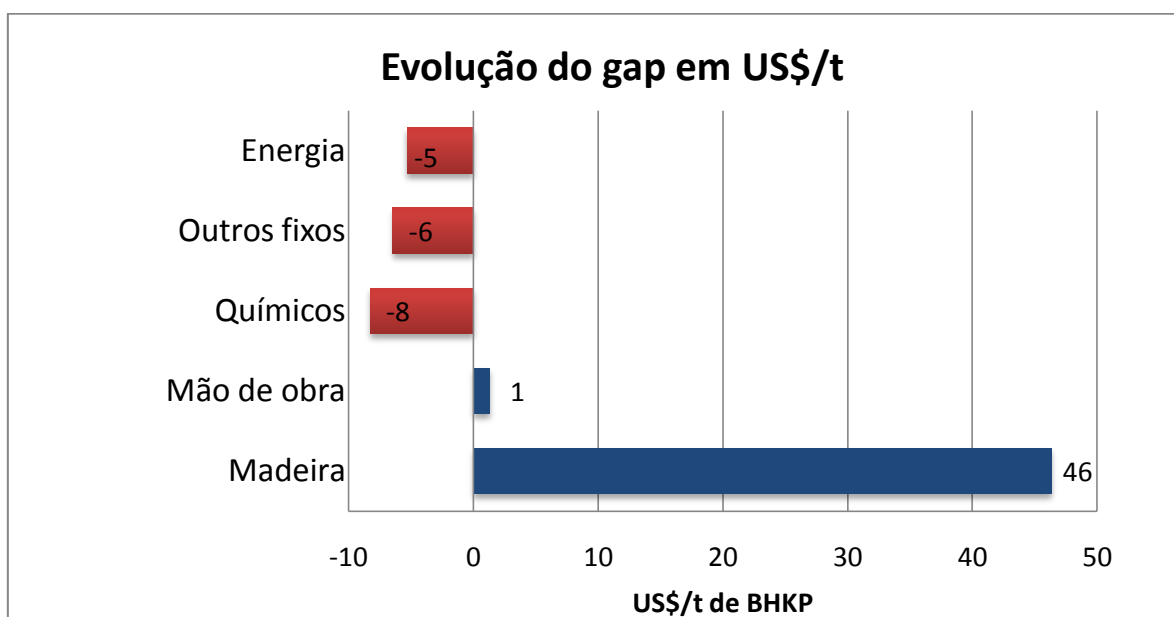


Figura 35. Evolução do gap de custos de produção de BHPK entre países do Hemisfério Norte e Hemisfério Sul, de 2001 para 2008.

O fato do custo de madeira ser mais baixo nos países do Sul é esperado e consistente com as vantagens comparativas de localização já descritas. Porém, a ampliação assimétrica desta vantagem indica um aumento de produtividade das operações florestais compatível com a introdução de atividades inovadoras.

Dada a importância do custo da madeira na composição do custo de produção de celulose (Figura 36), a introdução de inovações nas atividades florestais tem impacto direto sobre a competitividade do setor.

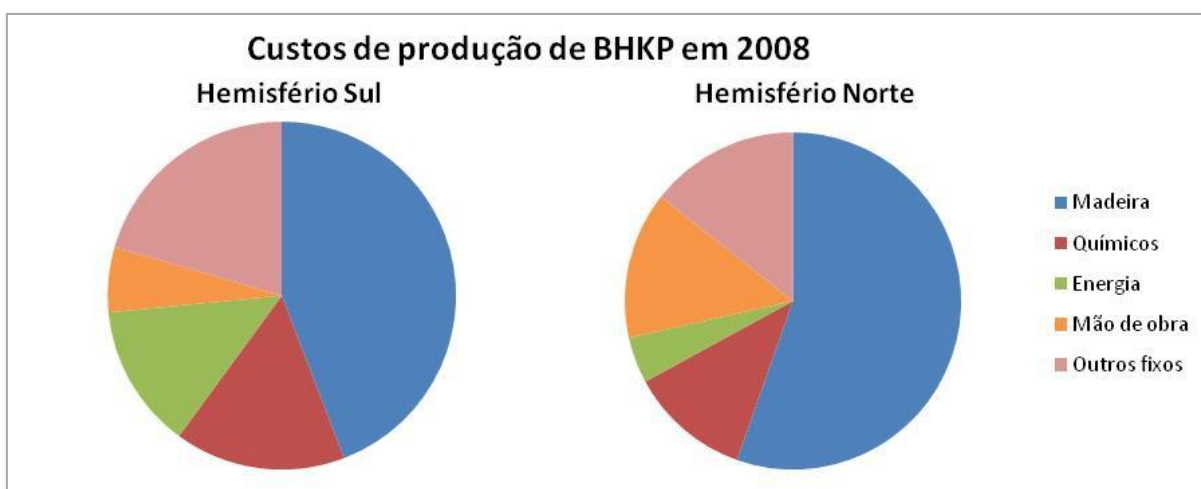


Figura 36. Composição dos custos de produção de BHKP nos Hemisférios Sul e Norte.

## 5.5.2 Configuração atual dos setores brasileiro, indonésio e canadense

### 5.5.2.1 Principais produtores de BHKP de mercado no Brasil

Os principais produtores de celulose destinada ao mercado em operação no Brasil constam da Tabela 20. Vale notar que dois dos maiores produtores de celulose no Brasil, Klabin e International Paper, não estão listados, uma vez que toda sua produção é integrada à produção de papel.

**Tabela 20. Capacidade brasileira de BHKP de mercado por planta, 2010.**

<b>Empresa</b>	<b>Localização da planta</b>	<b>Início de operação</b>	<b>Capacidade, 000 t/a</b>
Fibria (total 4,7 Mt/a)	<i>Barra do Riacho (ES)</i>	1978	2300
	<i>Três Lagoas (MS)</i>	2009	1300
	<i>Jacareí (SP)</i>	1958	1100
Suzano (total 1,9 Mt/a)	<i>Mucuri (BA)</i>	1992	1540
	<i>Limeira (SP)*</i>	nd	340
	<i>Suzano (SP)</i>	nd	40
Cenibra	<i>Belo Oriente (MG)</i>	1977	1200
Veracel	<i>Eunápolis (BA)</i>	2005	1100
CMPC Celulose Riograndense	<i>Guaíba (RS)</i>	1972	450
Jari	<i>Monte Dourado (PA)</i>	1978	360
Lwarcel	<i>Lençóis Paulista (SP)</i>	1986	240

\* considerando 100% da celulose de mercado produzida pela unidade (ex-Conpacel). nd = não disponível.

Fonte: *sites* das empresas.

O setor brasileiro é composto de fábricas relativamente modernas, apesar de várias plantas terem começado a operar ao final da década de 1970. Todas elas passaram por uma série de investimentos motivados por demandas ambientais, e têm hoje operações de baixo impacto. A maior parte delas passou também por investimentos focados no aumento de capacidade, tanto através de desgargalamentos como pela construção de novas linhas.

O suprimento de todas as empresas é feito a partir de plantios de eucalipto (a CMPC usa também plantios de acácia) manejados com base em princípios sustentáveis. Todas as empresas possuem certificação FSC<sup>44</sup>, que atesta que toda a matéria-prima tem origem controlada, e em sua maioria provém de plantios também certificados.

Embora haja alguma integração com produção de papel, os principais investimentos feitos no setor atualmente compreendem ativos florestais e industriais na área de celulose. A exceção, entre as empresas listadas na Tabela 20, é a Suzano, com capacidade anual superior a 1 milhão de toneladas de papel.

A presença de grupos internacionais no setor era marcada, historicamente, pela nipo-brasileira Cenibra. A empresa pertence ao grupo JBP (Japan Brazil Paper and Pulp Resources Development Co., Ltd), que tem como principal acionista a Oji Paper

<sup>44</sup> O FSC, Forest Stewardship Council, é uma organização sem fins lucrativos com sede na Alemanha, que se dedica a definir parâmetros de sustentabilidade social, econômica e ambiental dos recursos florestais, e a verificar o cumprimento dos princípios de sustentabilidade, em diferentes modalidades. Os certificados FSC concedidos em todo o mundo podem ser consultados no site [www.fsc-info.org](http://www.fsc-info.org).

– grupo papelero do Japão – que absorve cerca de 40% da produção da Cenibra, num desenho que pode ser chamado de “integração intercontinental”.

Um desenho parecido foi feito em 2005 com a partida da Veracel, uma *joint-venture* estabelecida entre a então Aracruz e a escandinava Stora-Enso. Metade da produção é comercializada pela empresa brasileira, e a outra metade usada pela sueca Stora-Enso para produção de papel em suas unidades na Europa.

O exemplo mais recente de investimento estrangeiro no país foi a aquisição, em 2009, da unidade de produção da Fibria em Guaíba pela chilena CMPC. Neste caso, a celulose produzida continua sendo direcionada ao mercado, em linha com as operações da CMPC no Chile, grande exportadora de polpa de fibra longa e curta, a despeito de sua produção de papel em vários países da América Latina.

A venda da unidade de Guaíba, conhecida como Riocell, foi um dos desdobramentos da fusão das empresas Aracruz e Votorantim Celulose e Papel (VCP) em 2009. A fusão, anunciada em 2008, foi tomada de assalto pela crise econômica, e muitos dos investimentos financeiros, especialmente da Aracruz, se converteram em dívidas que comprometeram vários investimentos previstos, entre eles a duplicação da unidade gaúcha.

Hoje, muitos dos investimentos que haviam sido postergados no setor estão sendo retomados, e há expectativa de ampliação da capacidade brasileira de BHKP nos próximos anos. Estão entre os projetos previstos:

- a segunda fábrica da Fibria, em Três Lagoas;
- também em Três Lagoas, a construção da Eldorado Celulose;
- ampliação da CMPC Celulose Riograndense;
- novas plantas da Suzano no Piauí e no Maranhão; ampliação da unidade de Mucuri.

Todos estes projetos estão voltados para o mercado externo. Se implementados, o setor, com produção hoje muito concentrada no sul da Bahia e na região sudeste, se dispersará geograficamente. No entanto, esta dispersão se dará dentro das fronteiras brasileiras, não havendo previsão de internacionalização das operações de produção de celulose.

### 5.5.2.2 Principais produtores de BHKP de mercado na Indonésia

As fábricas indonésias em operação hoje, apresentadas na Tabela 21, foram construídas a partir da década de 1990, com conceito de operação baseado no estado da arte, e equipamentos de fornecedores baseados na Escandinávia e na América do Norte – tradicionais no setor, também responsáveis pelos equipamentos usados nas fábricas brasileiras.

**Tabela 21. Capacidade indonésia de BHKP de mercado por planta, 2010.**

<b>Empresa</b>	<b>Localização da planta</b>	<b>Capacidade, 000t/a</b>
APRIL	<i>Riau, Sumatra</i>	1700
APP (total 1,5 Mt/a)	<i>Riau, Sumatra</i>	850
	<i>Jambi, Sumatra</i>	600
PT TeL	<i>Muara Enim, S. Sumatra</i>	500
Kertas Nusantara	<i>Berau, E. Kalimantan</i>	470

Fonte: *sites das empresas.*

O uso das áreas florestais para o suprimento das fábricas é por concessão e também por parcerias com comunidades. Muitas operações exploram “áreas de conversão”: áreas de mata tropical que foram licenciadas para a conversão a plantações.

A APRIL (Asia Pacific Resources International Limited) tem liderado a substituição de espécies mistas por acácia plantada. A empresa também tem introduzido técnicas silviculturais com vistas à sustentabilidade florestal, tal como o conceito de plantio em mosaico - similar ao que é feito no Brasil, em que áreas de preservação e áreas de plantio são entremeadas de forma a garantir a biodiversidade do ecossistema.

Em alguma medida, todas as empresas procuram demonstrar iniciativas de sustentabilidade, embora sem sucesso na obtenção da certificação FSC. Em setembro de 2007 a unidade Lontar Papyrus da APP (Asia Pulp & Paper), localizada na província de Jambi, chegou a obter a certificação relativa a madeira controlada, mas esta foi cancelada pelo FSC no mês seguinte. Também a APRIL, em dezembro de 2008, certificou a unidade de Riau em várias localidades, inclusive “manejo florestal”, porém todas as certificações da unidade foram suspensas em abril de 2010.

As duas líderes da Indonésia internacionalizaram suas operações, investindo em fábricas de celulose na China, seu maior mercado. Ambas fazem parte de conglomerados internacionais.

A APRIL pertence ao grupo RGE (*Royal Golden Eagle*, antigo RGM), e abriga as operações de madeira, celulose e papel. As outras empresas do grupo são Asian Agri, de agronegócios; Pacific Oil & Gas, de energia; e Sateri, de polpa solúvel e viscosa, com operações no Brasil (BSC, *Bahia Specialty Cellulose*) e na China.

Em 2005 a APRIL adquiriu uma pequena fábrica parcialmente integrada na província de Shandong, na China, com capacidade de 220 mil t/a (50 mil t/a de mercado). O projeto de expansão desta fábrica prevê capacidade de 1,3 Mt/a de polpa, sendo 1 Mt para o mercado.

A APP pertence ao grupo Sinars Mars, que, além das operações em celulose e papel, tem divisões de agricultura, alimentos e imobiliário. Apesar de sua situação falimentar em 2001, o grupo se reestruturou e voltou a expandir.

As operações da APP na China hoje abrangem 17 empresas de celulose e papel e 20 centros florestais. A única planta que produz celulose de mercado fica localizada na ilha de Hainan, ao sul da China. Tem uma capacidade nominal de 1,2 Mt/a, mas praticamente toda a produção pode ser absorvida pelas próprias operações de papel da APP, embora isso não ocorra. A estratégia da empresa é balancear sua participação no mercado de celulose com a compra de polpa concorrente para abastecer suas fábricas de papel.

As fábricas de empresas indonésias instaladas na China usam eucalipto (e não acácia) como matéria-prima principal. O suprimento, proveniente de plantios, é complementado com madeira importada de países do Pacífico Sul.

#### *5.5.2.3 Principais produtores de BHKP de mercado no Canadá*

No Canadá, a produção de BHKP corresponde a cerca de 20% de toda a polpa kraft de mercado, sendo o restante fibra longa. A maior parte dos fabricantes produzem polpa tanto de fibra longa quanto curta, e muitas das plantas de celulose são integradas, principalmente as fábricas de papel imprensa, produto de grande importância para a economia do Canadá. Em função disto, o volume de produção de polpa de fibra curta e longa pode sofrer variações em função da matéria-prima

disponível. O volume disponível para o mercado também pode variar, em função de maior ou menor integração das fábricas *stand-alone*<sup>45</sup>.

A Tabela 22 apresenta a capacidade de produção de BHKP no Canadá. Como houve várias alterações no setor nos últimos anos, optamos por apresentar um quadro-resumo a partir da localização das plantas, indicando também os volumes produzidos de polpa de fibra longa nestas plantas.

Conforme indicado na Tabela 22, apenas as três maiores fábricas de BHKP de mercado que operavam 2001 continuam em operação: Alberta Pacific, Daishowa-Marubeni e Abitibi-Bowater – e esta está em busca de novos investidores para prosseguir produzindo.

Entre as razões para as vendas e fechamentos, destacam-se (a) queda da demanda por casas pré-fabricadas e por papel imprensa, (b) menor disponibilidade de matéria-prima, e (c) baixa capacidade de atrair novos investimentos para o setor, em comparação à Ásia e à América Latina. Discutimos cada um destes pontos a seguir.

As fábricas de celulose no Canadá usualmente têm operações em parceria com serrarias. Esta parceria tem efeito sinérgico e permite máximo aproveitamento dos recursos florestais. Porém, em 2006 o mercado americano de casas pré-fabricadas entrou em forte crise, da qual ainda não se recuperou. Como este é o principal mercado da madeira canadense, muitas serrarias pararam de produzir. Em decorrência disso, também diminuiu a disponibilidade de cavacos para produção de celulose.

---

<sup>45</sup> As fábricas “*stand-alone*” são aquelas que têm instalações para secagem e enfardamento de celulose, ainda que parte da produção ou mesmo toda ela seja destinada a outra planta do mesmo grupo para fabricação de papel, dentro de um conceito amplo de integração .

**Tabela 22. Capacidade de BHKP de mercado no Canadá, '000t/a.**

Planta Localização	2001			2008			2010		Observações
	Empresa	BHKP	BSKP	Empresa	BHKP	BSKP	Empresa	BHKP*	
<i>Athabasca</i>	Alberta Pacific	500	60	Alberta Pacific	540	70	Alberta Pacific	650	
<i>Peace River</i>	Daishowa	315	100	Daishowa	360	120	Daishowa	360	Pertence às japonesas Nippon Paper e Marubeni.
<i>Thunder Bay</i>	Abitibi-Bowater	170	460	Abitibi-Bowater	225	105	Abitibi-Bowater	340	Saiu da insolvência em 2010, busca investidores.
<i>Terrace Bay</i>	Kimberly-Clark	-	290	Buchanan	70	440	Buchanan	-	Fechou, reabriu em out/10 com 350.000 t/a de NBSK.
<i>Thurso</i>	James MacLaren	275	-	Nexfor Fraser	125	-	Fortress Papers	-	Converteu em polpa solúvel.
<i>Pictou</i>	Neenah Papers	-	270	Northern Pulp	20	260	Northern Pulp	-	Concentrou em NBSK, 375 kt/a.
<i>Nackawick</i>	St.Anne	260	-	Tembec	145	**	Aditya Birla	-	Conglomerado indiano, converteu em polpa solúvel.
<i>Pontiac</i>	Smurfit Stone	220	-	Smurfit Stone	195	-	-	-	Encerrou operações.
<i>Outras</i>	Outras	124	6445	Outras		5750			
<b>Total Canadá</b>		<b>1864</b>	<b>7625</b>		<b>1680</b>	<b>6745</b>		<b>1350</b>	

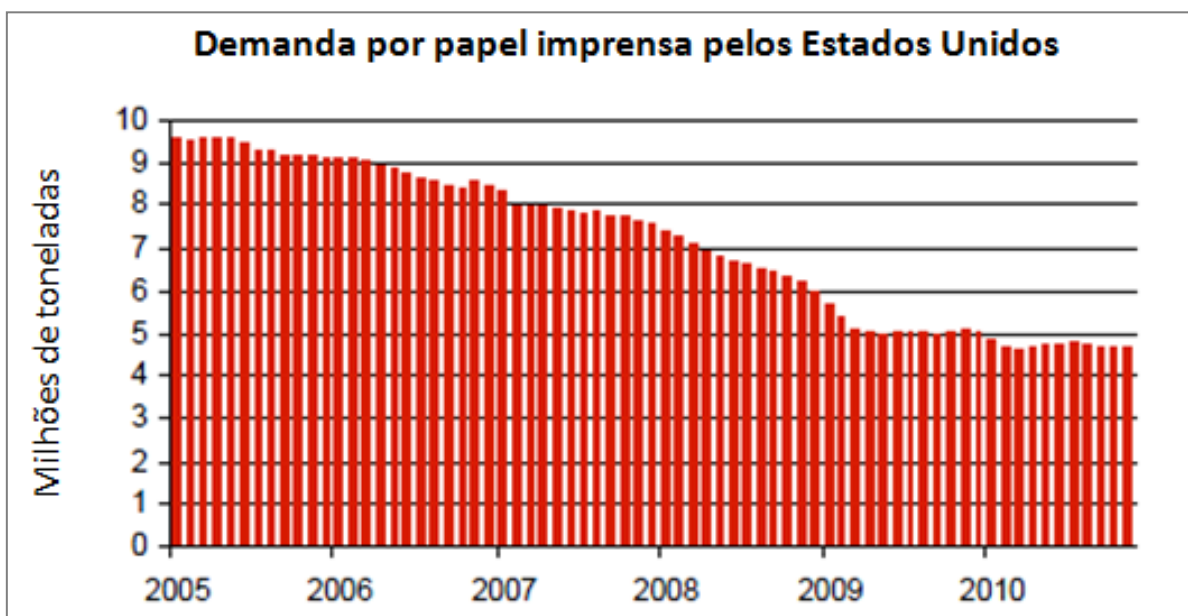
\* Volume principal de BHKP, inclui volume marginal de BSKP

\*\*Volume de BSKP das demais plantas da Tembec incluído em "outras".

Fontes: Hawkins Wright, sites das empresas, registros de visitas técnicas



No outro extremo da cadeia de suprimentos, a queda da demanda por papel imprensa (Figura 37) levou vários grupos a problemas financeiros e à necessidade de reestruturação com impacto sobre todas as unidades, inclusive as fábricas de celulose *stand-alone*.

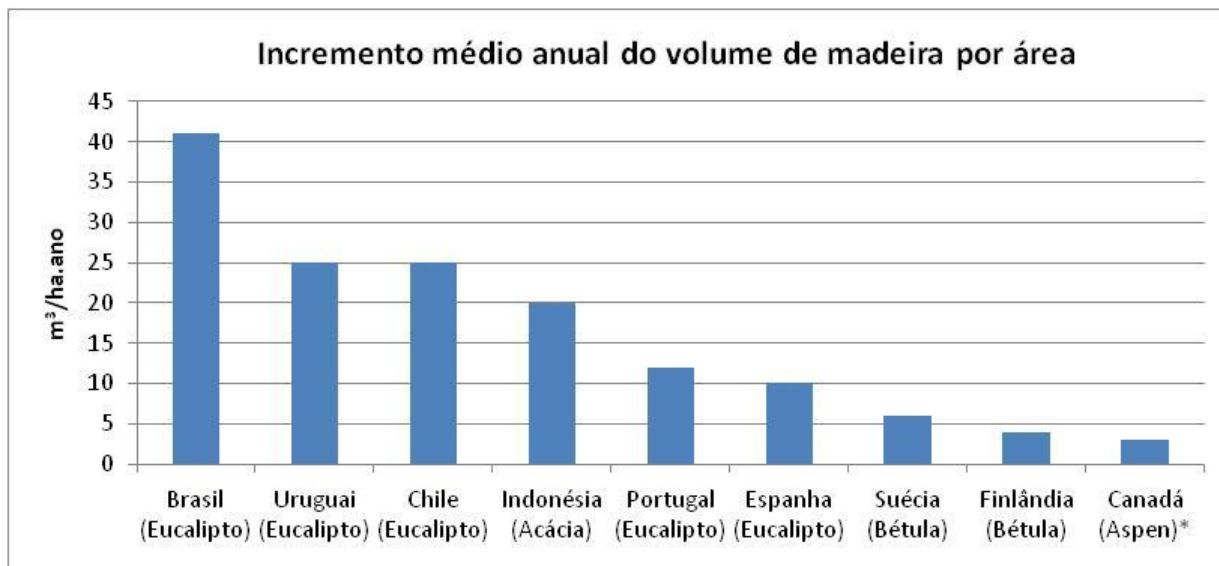


**Figura 37. Evolução da demanda por papel imprensa pelos Estados Unidos de 2005 a 2010.**  
Fonte: PPPC (ABITIBI-BOWATER, 2011).

A redução de matéria-prima disponível, que já comentamos no item que trata da evolução do setor canadense, está associada à conjugação da baixa produtividade das operações florestais aos esforços de sustentabilidade (que se intensificaram nos últimos anos) – ou seja, para não exaurir os recursos naturais em condição de baixa produtividade, o ritmo de exploração teve que ser reduzido.

Diversos fatores concorrem para a baixa produtividade florestal: as espécies usadas são nativas, de clima frio, com baixa velocidade de crescimento. Ainda que as florestas sejam manejadas buscando sustentabilidade, através de replantio e técnicas silviculturais adequadas, são baixos os avanços tecnológicos para se reverter a característica natural de crescimento lento, tendo o próprio ambiente como um fator limitante. Devido ao crescimento lento das árvores, são necessárias grandes áreas de floresta para suprir as fábricas. Grandes áreas pressupõem deslocamentos de pessoal e maquinário, e a atividade florestal em áreas de difícil acesso aumenta, impactando a produtividade da colheita.

A baixa produtividade florestal, em comparação aos resultados da América Latina e Ásia (Figura 38), tem sido o principal obstáculo à atração de novos investimentos ao setor.



**Figura 38. Comparação do incremento médio anual de espécies de fibra curta usadas para produção de celulose em diferentes países em 2008. Fonte: Pöyry (BRACELPA, 2010), exceto Canadá: (KISSINGER et al., 2007).**

Sintomaticamente, o parque industrial canadense tem fábricas de escala inferior às mais modernas. Os investimentos em fábricas novas (*greenfields*) atualmente consideram como referência capacidade anual de 1 milhão de toneladas. Por isso, uma alternativa para a viabilização das fábricas com capacidade inferior a 300 mil t/a é a conversão do processo para produção de polpa solúvel<sup>46</sup>. A polpa solúvel, ou de dissolução, não se destina à produção de papel e consiste em um segmento de especialidades cuja capacidade global ao final de 2007 era de apenas 2,4 milhões t/a, contra cerca de 50 milhões de t/a de polpa branqueada para papel<sup>47</sup>. Esta foi a medida adotada nas plantas de Thurso e Nackawik, adquiridas respectivamente pela Fortress Papers e pelo grupo Aditya Birla.

<sup>46</sup> Ver item “polpação química” em capítulos anteriores.

<sup>47</sup> Dados sobre polpa solúvel da China Chemical Fibers & Textiles Consultancy relatados por Chadwick Wasilenkoff, CEO da Fortress Paper em entrevista para a consultoria RISI concedida em Vancouver, 18 de junho de 2010. Dados sobre polpa para papel de Hawkins Wright, Outlook for Market Pulp, 2007.

Outro aspecto financeiro perverso é a falta de crédito para a sustentação das operações, situação que já atingia o setor canadense antes da crise de liquidez deflagrada em setembro de 2008. Trata-se de um ciclo vicioso que pode ser resumido da seguinte forma: com os vários fechamentos em decorrência dos fatores anteriormente mencionados, alguns grandes clientes hesitam em contratar fornecimento de longo prazo de fábricas canadenses; na falta desses contratos, que servem como garantia de recebíveis a longo prazo, as fábricas não conseguem linha de crédito junto aos agentes financeiros para sustentar as operações – e a expectativa dos clientes acaba se concretizando.

#### *5.5.2.4 Sistemas de inovação brasileiro e canadense*

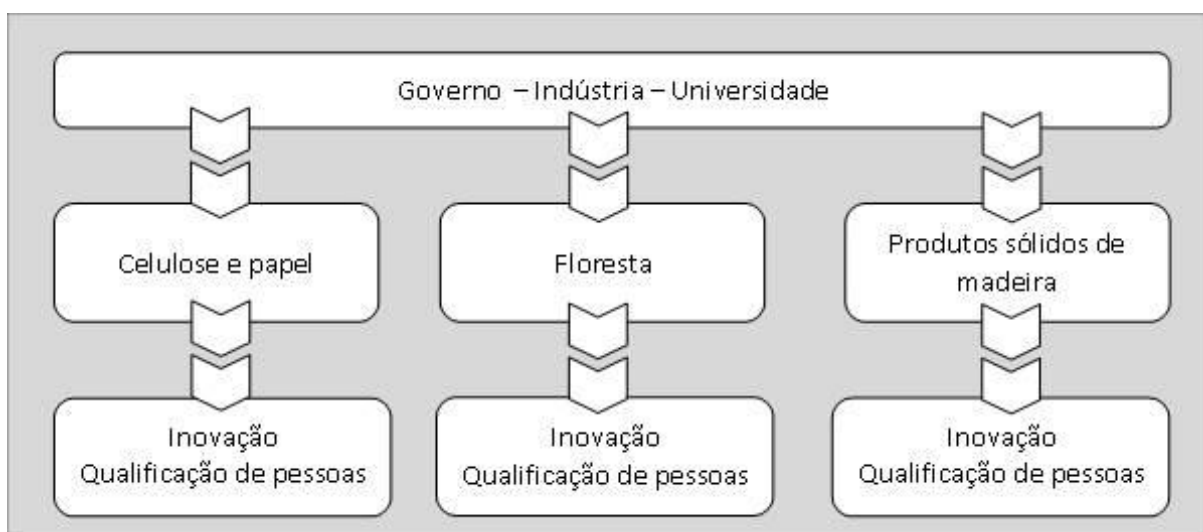
No Brasil e no Canadá a evolução do setor envolveu a formação de um sistema de inovação. Em ambos os casos houve forte interação entre governo, setor industrial privado e as universidades. Os processos de pesquisa e desenvolvimento nos dois sistemas, ainda que em diferentes graus e orientações, resultaram em inovação tecnológica e qualificação de pessoal. Os fluxos de tais processos, no entanto, se dão de forma distinta.

No Canadá, os projetos de pesquisa de caráter pré-competitivo são geralmente conduzidos em consórcios de empresas junto a grupos em universidades ou em institutos de pesquisa específicos, e mesmo projetos de natureza competitiva são normalmente conduzidos sob contrato por tais institutos, de natureza privada.

Em abril de 2007, três dos principais institutos foram unidos sob a forma de uma corporação, FPIinnovations: Paprican (*Pulp and Paper Research Institute of Canada*), voltado à produção de celulose e papel, FERIC (*Forest Engineering Research Institute of Canada*), voltado às atividades florestais e Forintek, voltado à pesquisa de produtos florestais (não-celulose). Até então – e alguns destes contam com quase um século de existência – os projetos de pesquisa industrial e florestal eram conduzidos de forma dissociada, e ainda hoje funcionam sob divisões separadas no FPIinnovations.

Esta organização, esquematizada na Figura 39, reflete a grosso modo a própria configuração do setor: as florestas, que pertencem ao governo, servem às indústrias

de celulose e às serrarias; ainda que os processos sejam integrados, cada vértice deste triângulo persegue seus objetivos específicos.



**Figura 39. Representação esquemática do fluxo de pesquisa e desenvolvimento no sistema setorial de inovação canadense.**

No Brasil, as atividades de pesquisa são conduzidas por parcerias com universidades ou institutos de pesquisa<sup>48</sup> – em especial na fase pré-competitiva – e também por arranjos intra-firma, principalmente na área florestal. Vale lembrar que os produtores de celulose brasileiro são proprietários das áreas usadas para plantio de sua matéria-prima<sup>49</sup>, e responsáveis também por destinar uma parcela da área total para preservação de espécies nativas. O uso de áreas próprias plantadas pelos produtores de celulose estimula a conjugação de esforços entre pesquisa florestal e industrial, por exemplo: melhoramento genético das árvores considerando o potencial de produtividade florestal e industrial das matrizes, adequação do parque fabril e condições de processo às características da matéria-prima, diferenciação de produtos em função do tipo de fibra, etc.

Esta organização é esquematizada na Figura 40.

<sup>48</sup> Destacam-se IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais) e Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

<sup>49</sup> Ainda que vários produtores de celulose lancem mão de projetos de fomento florestal, em que estabelecem parceria com proprietários de terras para fornecimento de madeira, tais projetos usualmente têm conotação social, de forma que o manejo florestal é feito sob a orientação da fomentadora, que também fornece o material genético para plantio.

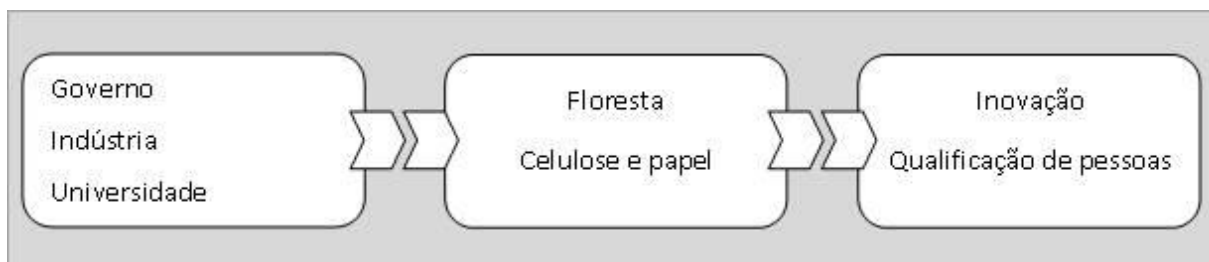


Figura 40. Representação esquemática do fluxo de pesquisa e desenvolvimento no sistema setorial de inovação brasileiro.

Pode-se atribuir a esta configuração muitos dos avanços obtidos pela indústria brasileira. O mais visível destes aspectos é a evolução da produtividade. A Figura 41 indica a evolução da *produtividade florestal* média brasileira nos últimos anos, enquanto a Figura 42 ilustra a evolução, década a década, da *produtividade total* em termos de toneladas de celulose produzida por área plantada.

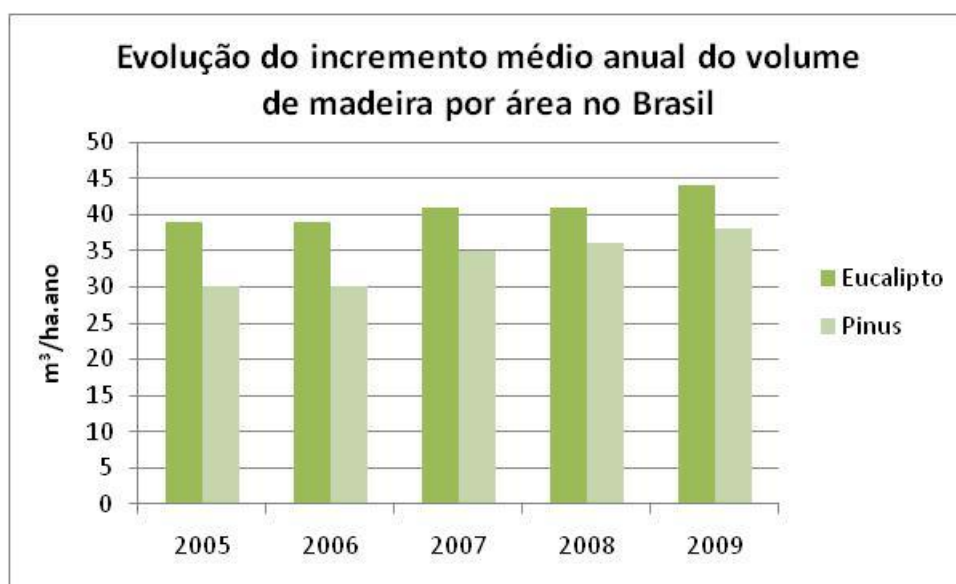


Figura 41. Evolução do incremento médio anual do volume de Eucalipto (fibra curta) e de Pinus (fibra longa) por área. Média dos plantios comerciais no Brasil. Fonte: BRACELPA (2010).

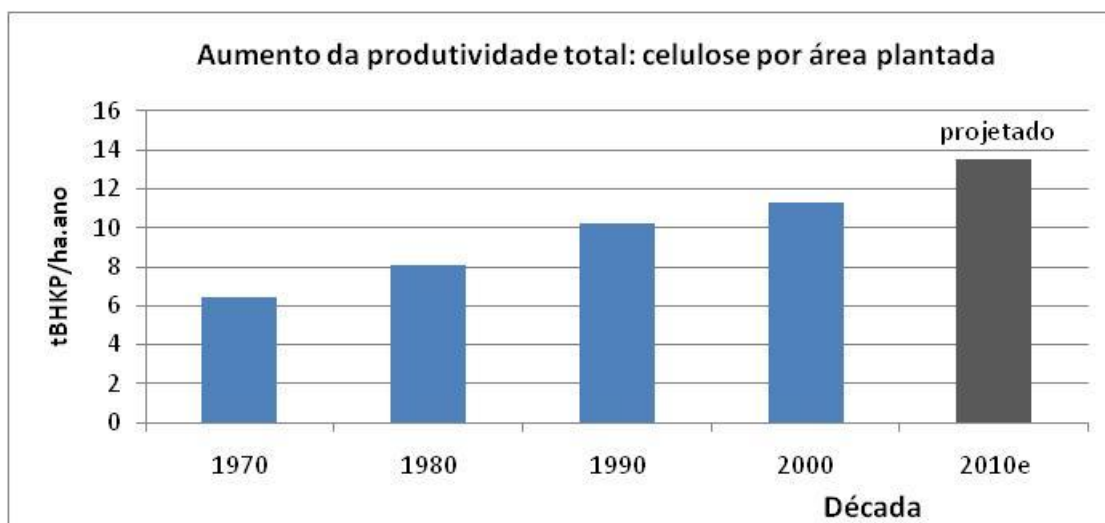


Figura 42. Evolução da produtividade da área plantada em produção de celulose de eucalipto. Resultados da unidade capixaba da Fibria em 2007 (década de 2010 estimada).  
Fonte: CLAUDIO-DA-SILVA (2007).

Há outros aspectos da inovação do setor brasileiro que decorrem dessa configuração, como a uniformidade do produto e a capacidade de desenhar novos produtos que atendam a necessidades específicas do produtor do papel. Estes resultados são reconhecidos pelos clientes, conforme constatado durante as visitas técnicas realizadas.

## 5.6 Discussão dos resultados

Foi identificada uma mudança estrutural do mercado global de celulose, com entrada de novos agentes, tanto entre exportadores quanto entre importadores.

São fornecedores tradicionais de celulose: Estados Unidos, Canadá, Suécia e Finlândia. São “novos entrantes”: Brasil, desde a década de 1980; Chile, desde a década de 1990, e Indonésia, desde 1995. A migração do Hemisfério Norte para o Sul é compatível com o modelo simplificado de Krugman, que prevê a migração de indústrias maduras para o Sul (menos desenvolvido), beneficiando-se do menor custo dos fatores de produção.

Os maiores importadores são Estados Unidos e Alemanha, e a partir dos anos 2000, a China – hoje maior importador mundial de celulose.

A análise qualitativa dos novos entrantes **Brasil e Indonésia** nos principais mercados de BHKP (item 5.2) mostrou que o **Brasil tem menos barreiras à**

**entrada nos mercados tradicionais.** Nestes, a Indonésia é percebida como um país de instituições fracas, cujas atividades industriais se apoiam na exploração insustentável da floresta tropical nativa.

Essa percepção foi reforçada com a suspensão da certificação FSC (que atesta a sustentabilidade dos recursos florestais) das empresas líderes do setor na Indonésia, como vimos no item 5.5.2.

Por outro lado, o fato das empresas brasileiras terem essa certificação não explica o reconhecimento dos mercados tradicionais acerca da sustentabilidade de suas operações, uma vez que no período da pesquisa poucas empresas haviam completado o processo de certificação.

Para explicar isto, recorreremos ao processo de formação e evolução da indústria de celulose no Brasil e na Indonésia (item 3.7). Vemos que em ambos os casos o governo teve papel fundamental. Os instrumentos de incentivo utilizados, porém, influenciaram de forma diferente a trajetória tecnológica dos setores. Enquanto **na Indonésia houve a garantia de acesso aos fatores de produção**, o que estimulou o uso da floresta nativa, **no Brasil houve estímulo ao desenvolvimento de tecnologia florestal própria**, que envolveu processos de busca de produtividade e sustentabilidade do suprimento de matéria-prima já nos primeiros estágios da formação do setor. A obtenção de certificações florestais foi uma consequência das práticas, e não um fim (ainda que a imagem inicial do Brasil por parte dos mercados fosse negativa, e só revertida ao longo de anos de divulgação das práticas silviculturais brasileiras).

**A atuação da Indonésia se concentra na China, e a proximidade geográfica lhe confere uma vantagem logística importante.** A questão ambiental ainda não representa uma barreira relevante à entrada neste mercado. Ao contrário do que se observou nos mercados tradicionais de BHKP, na China a presença da polpa brasileira, embora crescente, é mais recente que a da Indonésia.

Os resultados do Brasil nos mercados de BHKP da China e dos Estados Unidos, mensurados através da análise de elasticidade-preço da demanda e de elasticidade de substituição, revelaram os padrões de preferência que regem estes mercados, e estão sumarizados na Tabela 23.

Por esta análise, a diferença mais marcante entre o mercado de BHKP americano e o chinês é nas **elasticidades-preço de demanda: baixas, no Estados Unidos, denotando um mercado maduro**, marcado pela regularidade nas importações; e **altas na China, mostrando volatilidade do mercado, com forte orientação a preço**.

**Tabela 23. Sumário dos resultados do Brasil nos mercados de BHKP dos Estados Unidos e da China, mensurados através da análise de elasticidade-preço da demanda e de elasticidade de substituição**

Período: jan/03 – mar/10	Mercado americano	Mercado chinês
Concorrente principal	Canadá (tradicional)	Indonésia (emergente)
Preço médio	<b>Brasil &gt; Canadá</b>	<b>Brasil &gt; Indonésia</b>
Participação ( <i>market share</i> )	<b>Brasil &gt; Canadá</b>	<b>Indonésia &gt; Brasil</b>
Elast. preço direta	Baixa ( <b>Brasil &lt; Canadá</b> )	Alta ( <b>Brasil &lt; Indonésia</b> )
Elast. preço cruzada	Baixa	Alta
Elast. substituição	Brasil $\approx$ Canadá	<b>Brasil desloca Indonésia</b>

Em ambos os mercados o **preço médio da polpa brasileira foi mais alto** que do principal concorrente no período estudado. Também em ambos os casos a **polpa brasileira apresentou menor sensibilidade a preço que o concorrente** (menor módulo da elasticidade-preço direta).

**No mercado chinês, a polpa brasileira tem mais facilidade em deslocar a polpa indonésia** na decisão de compra, que o contrário (indicado pela elasticidade de substituição). Portanto, **a polpa brasileira apresentou atributos que a tornaram preferida** em relação à polpa indonésia no período estudado.

Este resultado indica que **a política de preços é uma ferramenta viável para aumento da participação da polpa brasileira no mercado chinês**, com deslocamento da polpa indonésia.

**No mercado americano, não foram observadas preferências: ainda que a polpa canadense tenha se mostrado mais sensível a preço que a brasileira**, as elasticidades de substituição são similares. Isto é **consistente com o comportamento de um mercado maduro, na presença de fornecedores bem estabelecidos**: as polpas têm características conhecidas, e são usadas de forma a aproveitá-las. Ainda que sejam produtos substitutos, na prática ocorre pouca substituição.



A análise da **evolução do gap de custos de produção** entre os países do Hemisfério Norte e do Hemisfério Sul, de 2001 para 2008, mostra um aumento assimétrico do *gap* em custo de madeira favorável ao Sul. A evolução da **produtividade florestal média no Brasil passou de 39 para 44 m<sup>3</sup>/ha.ano** só nos últimos 4 anos. Estas observações evidenciam que o **Hemisfério Sul é locus de inovação no setor de celulose**, e estabelece um contraponto ao modelo simplificado de Krugman.

A análise da configuração atual dos setores de celulose no Brasil, na Indonésia e no Canadá aponta que: (a) o setor no Brasil está em expansão e tem atraído grandes investimentos internos e externos; (b) o setor da Indonésia está expandindo através da internacionalização de operações, e investe em fábricas na China; (b) no Canadá o setor vem encolhendo nos últimos anos.

A expansão do setor no Brasil é ancorada pela produtividade. A partir da análise da evolução do setor e de seus resultados no mercado global, e em linha com as observações de Figueiredo (2010), **atribuímos a alta produtividade das empresas brasileiras à acumulação de competências ao longo de uma trajetória tecnológica baseada em eucalipto, através de um mecanismo de “*path-creating catch-up*”**, segundo a terminologia de Lee e Lim (2001).

**Há empresas na Indonésia que perseguem um mecanismo de “*path-creating catch-up*”, através de tecnologia baseada em acácia** (item 3.8). É possível que as ferramentas já desenvolvidas para o eucalipto acelerem a construção de capacitações ao longo da nova trajetória tecnológica. Porém, a estratégia de expansão das empresas indonésias através de operações na China, com uso preferencial de eucalipto, evidencia que, embora este “novo caminho” esteja sendo trilhado, **não foi possível internacionalizar as capacitações tecnológicas em acácia. Isso sugere que a natureza geo-específica do paradigma tecnológico é um obstáculo à sua difusão.**

O encolhimento do setor canadense de BHKP na última década pode ser explicado pela ótica da “destruição criativa” proposta por Schumpeter (1962): o surgimento de uma *inovação radical* leva à obsolescência dos processos estabelecidos. A organização do sistema de inovação segmentado em três vertentes – celulose e papel, florestal e produtos sólidos, em oposição ao modelo integrado

floresta/indústria adotado no Brasil – pode ter contribuído para a defasagem do setor canadense em relação aos “novos processos florestais”. O acompanhamento dos desdobramentos dessa indústria nos próximos anos mostrará a resposta do setor canadense aos desafios que se apresentam.

No âmbito metodológico, verificamos que **o uso das ferramentas econométricas propostas neste trabalho permitem identificar preferências entre *commodities* concorrentes**, desde que apresentem alguma diferença de preços.

Isto consiste em uma vantagem em relação ao uso de alguns indicadores usuais de resultados do processo competitivo, tais como *market share* ou volume de exportações. Isso porque, no caso de *commodities* de baixa diferenciação, frequentemente o *market share* (assim como o volume de exportações) é mais dependente da oferta (capacidade instalada) que da preferência da demanda.

A mensuração da posição competitiva através de *market share* não permite projetar o impacto das alterações de preço ou oferta de um concorrente, ao passo que o conhecimento das elasticidades-preço de demanda serve de subsídio à definição de políticas comerciais.

Embora indique preferências, a elasticidade de substituição não dá informações sobre a *natureza* dos atributos que definem a preferência por “A” ou “B”. Daí a importância de se complementar a análise econométrica com outras avaliações, qualitativas ou quantitativas, dos agentes envolvidos.

## 5.7 Respostas às questões de pesquisa

No início deste trabalho partimos de duas premissas: a primeira, que o Brasil está em posição de liderança em relação aos emergentes. Esta premissa foi verificada tanto pelos indicadores tradicionais (volume de exportações) quanto, no caso do concorrente Indonésia no mercado chinês, pelos indicadores de preferência (elasticidade de substituição). No entanto, em termos de participação no mercado chinês de BHKP, a Indonésia lidera.

A segunda premissa, relativa à posição do Brasil frente aos concorrentes tradicionais, era explicada por vantagens comparativas de localização. Nossos resultados sugerem que as vantagens comparativas de localização do Brasil para produção de celulose resultam da combinação de condições geográficas favoráveis

e do desenvolvimento de tecnologia florestal de alto nível, associada à criação de competências na área industrial. A premissa de liderança brasileira em relação aos concorrentes tradicionais foi verificada em termos de volume de exportações (exceto em relação ao Canadá) e de custo-caixa de produção. No mercado americano de BHKP, a liderança brasileira frente ao Canadá foi verificada em termos de *market share* e elasticidade-preço da demanda.

Retomando as questões de pesquisa, com base nos resultados obtidos:

**Questão 1.** *Por quê o Brasil tem posição de liderança mesmo em relação a fornecedores emergentes com mesmas vantagens de localização?*

A posição de liderança brasileira em relação a fornecedores emergentes com as mesmas vantagens de localização pode ser explicada pelo estabelecimento de um novo paradigma tecnológico (eucalipto plantado como matéria-prima) e pela acumulação de competências ao longo da trajetória tecnológica baseada neste paradigma, que se traduziram em alta produtividade florestal e industrial, além de um conjunto de atributos do processo (sustentabilidade) e do produto (uniformidade do produto, adaptabilidade ao uso final) que contribuem para que o setor tenha bons resultados nos principais mercados.

**Questão 2.** *Pode-se projetar posição de liderança brasileira no futuro a curto e médio prazo nos principais mercados?*

Em relação aos fornecedores tradicionais, espera-se que o setor brasileiro mantenha uma posição de liderança, a curto e médio prazo, visto que suas vantagens são estruturais, baseadas em vantagens comparativas de localização e inovação tecnológica.

Em relação aos fornecedores emergentes, especificamente em relação à Indonésia, a curto prazo pode-se projetar continuidade da liderança brasileira (medida como preferência). Isto devido ao tempo necessário para que a Indonésia acumule competências em torno da trajetória tecnológica baseada em acácia e operacionalize plantios suficientes para abandonar o suprimento de outras fibras às fábricas de celulose. No futuro a médio prazo, essa posição pode ser revertida em função das posturas a serem adotadas pelo Brasil e pela Indonésia com relação à

intensidade de investimentos em inovação. No caso da Indonésia, além da concentração de esforços na construção e acumulação de competências, é necessário também reverter a imagem de insustentabilidade de suas operações florestais. Quanto a *volume de exportações de celulose*, é improvável que a Indonésia supere o Brasil, dadas as limitações territoriais necessárias para uma operação sustentável.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 Considerações gerais

Os resultados apresentados permitem identificar uma alteração estrutural no padrão do comércio internacional do setor de celulose ao longo da última década, tanto na demanda quanto no fornecimento. Do lado da demanda, um deslocamento para a Ásia, refletindo a posição atual da China como maior mercado.

Do lado do fornecimento, houve um deslocamento do eixo histórico para o Hemisfério Sul, refletindo um movimento iniciado em décadas anteriores pelo Brasil e pelo Chile, e mais recentemente pela Indonésia. Essa observação é consistente com o modelo simplificado de Krugman (1979) e de Vernon (1966), que, por diferentes argumentos, indicam que as indústrias do norte (desenvolvido) tendem a migrar para o sul (menos desenvolvido), uma vez dominada a tecnologia para a produção de um bem, beneficiando-se primariamente do baixo custo de mão-de-obra. No entanto, a trajetória tecnológica do setor no Brasil não dá suporte a esse argumento, e sugere que sua competitividade está mais relacionada ao estabelecimento de um novo paradigma tecnológico (eucalipto plantado como matéria-prima) e à acumulação de competências ao longo da trajetória tecnológica baseada neste paradigma.

Na análise da formação do setor de celulose na Indonésia e no Brasil, vemos que em ambos os casos o governo teve papel fundamental. Os instrumentos de incentivo utilizados, porém, influenciaram de forma diferente a trajetória tecnológica dos setores. Enquanto na Indonésia houve a garantia de acesso aos fatores de produção – inclusive à floresta nativa –, no Brasil houve estímulo ao desenvolvimento de tecnologia florestal própria.

O papel dos grupos privados também influenciou de forma diferente os setores de cada país. Em ambos, as empresas têm “baixo custo de produção” como estratégia geral de longo prazo, porém no Brasil o desdobramento desta estratégia compreende: desenvolvimento próprio de tecnologia florestal, aí incluídas técnicas silviculturais, melhoramento genético, e manejo florestal sustentável; e uso de tecnologia industrial no estado-da-arte para produção de celulose com mínimo impacto ambiental, adquirida e adaptada. No caso da Indonésia, os principais grupos também usam tecnologia industrial no estado-da-arte, embora ainda não tenham acumulado capacitação própria para adaptá-la (van DIJK and BELL, 2007); e o desenvolvimento de tecnologia florestal se divide em diferentes mecanismos de *catch-up*.

As empresas líderes da Indonésia perseguem um mecanismo de “*path-creating catch-up*”, através de tecnologia baseada em acácia em suas unidades domésticas. É possível que as ferramentas já desenvolvidas para o eucalipto brasileiro acelerem a construção de capacitações ao longo dessa nova trajetória tecnológica. Porém, a expansão das empresas indonésias tem sido feita por internacionalização de operações, com instalações de unidades fabris na China, o maior mercado de celulose atualmente. Essas unidades chinesas usam eucalipto, em um processo de “*path-following catch-up*”. Isso sugere que as trajetórias tecnológicas baseadas em recursos naturais têm natureza geo-específica, o que constitui um obstáculo à sua difusão.

No caso do Brasil, os principais grupos mantêm suas operações no Brasil, não havendo notícia – até hoje – de projeto de investimento em unidades de produção em outros países, ainda que a proximidade com o maior mercado consumidor, a China, ofereça vantagens logísticas importantes. Infere-se que as vantagens tecnológicas obtidas na área florestal superem tais oportunidades logísticas.

Vale notar que o Brasil possui uma área muito superior à da Indonésia, de onde se poderia concluir que o Brasil não internacionaliza suas operações pela disponibilidade de área para plantação. No entanto, deve-se levar em conta que a indústria brasileira como um todo é também muito mais diversificada que a indústria indonésia, e as plantações de eucalipto disputam espaço com os agronegócios, os biocombustíveis e as áreas de preservação. Assim, é razoável admitir que, no caso brasileiro, um importante obstáculo à internacionalização da produção é a

impossibilidade de transposição de sua capacitação em tecnologia florestal, um dos principais fatores determinantes de sua competitividade.

Considerando as barreiras de mercado, observamos que a principal desvantagem objetiva da celulose indonésia frente à brasileira está ligada à falta de sustentabilidade da matéria-prima, e a imagem de destruidora de floresta nativa. Hoje as práticas sustentáveis usadas na operação florestal brasileira são reconhecidas internacionalmente, e as áreas plantadas são certificadas quanto à sustentabilidade. Mas há cerca de 30 anos a imagem da indústria brasileira de celulose era de destruidora da floresta amazônica – ainda que 95% da produção brasileira esteja concentrada na Bahia e nas regiões Sul e Sudeste.

As análises de elasticidade-preço e elasticidade de substituição no mercado americano de BHKP corroboram tratar-se de um mercado maduro, com baixa volatilidade. Portanto, a política de preços não é um instrumento adequado para ganho de participação neste mercado. Apesar do Canadá ser um fornecedor histórico de produtos de base florestal, e ser um parceiro comercial tradicional dos Estados Unidos, a participação brasileira neste mercado é superior à canadense. O fato dos preços da polpa brasileira serem mais elevados que os da polpa canadense em todo o período estudado contrariam a noção de vantagens baseadas exclusivamente em custos, e confirmam a criação de valor pela indústria de celulose no Brasil.

As análises de elasticidade-preço e elasticidade de substituição no mercado chinês permitem concluir que, neste mercado, a política de preços é uma ferramenta viável para a expansão da participação da BHKP brasileira, com deslocamento da polpa indonésia. Este resultado não é óbvio, considerando que a proximidade da Indonésia lhe confere uma vantagem logística importante, não só pelo menor custo de transporte, mas também por vantagens comparativas extra-preço, como menor *lead-time*.

## **6.2 Limitações da pesquisa e sugestões para estudos futuros**

Considerando-se a importância do mercado chinês e as participações crescentes de Chile e Uruguai, a obtenção de dados de importação detalhados que permitissem a análise comparativa do setor brasileiro com o desses países traria informações

importantes para a estruturação de estratégias de longo prazo no nível das firmas e no nível setorial.

A análise do setor brasileiro de BHKP frente a um concorrente tradicional (Canadá) foi feita em um mercado tradicional (EUA), e a análise frente a um concorrente emergente (Indonésia) foi feita em um mercado emergente (China). Este desenho pode ter provocado viés na interpretação dos resultados. Em que pesem as limitações de ordem prática para obtenção dos dados, uma análise cruzada (concorrente emergente em mercado tradicional, concorrente tradicional em mercado emergente) ofereceria um quadro mais completo das dinâmicas envolvidas.

Ao longo do trabalho de pesquisa foram identificadas diferentes organizações da cadeia de suprimentos. Comentamos brevemente a “integração transatlântica” entre a empresa Veracel, que produz celulose no Brasil, e a escandinava Stora-Enso, proprietária da Veracel em *joint-venture* com a Fibria. Outro exemplo, que não comentamos no trabalho, diz respeito à “integração transatlântica” em uma fase anterior do processo: o fornecimento de madeira da América do Sul para abastecer fábricas de celulose na Finlândia. Sugere-se analisar estes arranjos em trabalhos futuros e seu papel na competitividade dos setores tradicionais de celulose.

Sugere-se ainda analisar os processos de criação e difusão de tecnologias baseadas em recursos naturais, a fim de verificar a existência de um padrão que valide e generalize as evidências encontradas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABTCP 2004. *The History of the Pulp and Paper Industry in Brazil*, São Paulo, Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP.
- AGHION, P., HARRIS, C., HOWITT, P. & VICKERS, J. 2001. Competition, imitation and growth with step-by-step innovation. *Review of Economic Studies*, 68, 467-492.
- BACHA, C. J. C. 2003. The evolution of wood-based industries in Brazil and their means of securing wood. *Oxford Development Studies*, 31, 197-217.
- BARRICHELLO, L. E. 2005. Universidade-empresa, integração beneficia o setor. *Visão Agrícola*, 2, 2.
- BASSA, A., BASSA, A. G. M. C., SACON, V. M. & VALLE, C. F. 2005. Seleção e caracterização de clones de eucalipto considerando parâmetros silviculturais, tecnológicos e de produto final. *Colóquio Internacional sobre Celulose Kraft de Eucalipto*. Concepción.
- BERNDT, E. R. 1991. *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, New York, Addison-Wesley.
- BERTOLETTI, P. 2005. Elasticities of substitution and complementarity: A synthesis. *Journal of Productivity Analysis*, 24, 183-196.
- BIERMANN, J. C. 1996. *Handbook of pulping and papermaking*, Academic Press.
- BLACKORBY, C., PRIMONT, D. & RUSSELL, R. R. 2007. The Morishima gross elasticity of substitution. *Journal of Productivity Analysis*.
- BLACKORBY, C. & RUSSELL, R. R. 1981. The Morishima elasticity of substitution - symmetry, constancy, separability, and its relationship to the Hicks and Allen elasticities. *Review of Economic Studies*, 48, 147-158.
- BOOTHMAN, B. E. C. 2000. High finance/low strategy: Corporate collapse in the Canadian pulp and paper industry, 1919-1932. *Business History Review*, 74, 611-656.
- BRACELPA 2009. SETOR DE CELULOSE E PAPEL - Desempenho do setor e projeções, março de 2009. Disponível em: [www.bracelpa.org.br](http://www.bracelpa.org.br). Acesso em: 04 fevereiro 2010.
- BRACELPA 2011. Relatório Anual 2009/2010. Disponível em: [www.bracelpa.org.br](http://www.bracelpa.org.br). Acesso em: 02 fevereiro 2011.
- BRASIL 2002. Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro: diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento: síntese. Piracicaba: Ministério da Ciência e Tecnologia.



- BUCKLEY, P. J., PASS, C.L., PRESCOTT, K. 1988. Measures of international competitiveness: A critical survey. *Journal of Marketing Management*, 4, 175-200.
- BURMAN, A. 2006. Acacia (BAKP) - the Fibre of Choice. *60th Appita Annual Conference and Exhibition*. Melbourne, Australia: Appita Inc.
- CARIDADE, A. V. 2006. *Práticas de gestão estratégica e aderência ao método sigma: um estudo de caso no setor de celulose e papel*. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo.
- CARLSSON, B., JACOBSON, S., HOLMEN, M. & RICKNE, A. 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31, 233-245.
- CARPIM, M. A., BARRICHELO, L. E. G., CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. & DIAS, R. L. V. 1987. A influência do número de fibras por grama nas propriedades óticas do papel. *20º Congresso Anual da Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel*. São Paulo.
- CARVALHO, K. H. A., SILVA, M. L. & SOARES, N. S. 2009. Competitividade da celulose brasileira no mercado internacional. *Cerne*, 15, 383-390.
- CASELLA, B. M. 2008. *Análise de custos de concorrentes - estudo exploratório no setor de celulose e papel*. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo.
- CHANG, H. S. & NGUYEN, C. 2002. Elasticity of demand for Australian cotton in Japan. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 46, 99-113.
- CHRISTENSEN, L. R., JORGENSEN, D. W. & LAU, L. J. 1971. Conjugate duality and transcendental logarithmic function. *Econometrica*, 39, 255-&.
- CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. 2007. Opportunities and Threats to the Forest Industry in the South. *The Marcus Wallemberg Prize Symposium*. Estocolmo.
- CLAUDIO-DA-SILVA JR., E., MARTON, R. & GRANZOW, S. 1982. Effect of beating on wet web properties. *Tappi Journal*, 65, 99-103.
- CLITES, S. M. 1992. Pulp and Paper Research Institute of Canada exemplifies centralized research. *Tappi Journal*, 75, 4.
- CORAZZA, R. I. 1996. *Inovação tecnológica e demandas ambientais: notas sobre o caso da indústria brasileira de papel e celulose*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- DA SILVA, M. J. 2000. Fusões começam a redesenhar a estrutura mundial do setor de celulose e papel. *Celulose e Papel*, 16, 1.
- DAS DORES, A. M. B., DAS CHAGAS, F. B., MATTOS, R. L. G. & GONÇALVES, R. M. 2007. Panorama setorial: setor florestal, celulose e papel. Rio de Janeiro: BNDES.

- DAVIS, G. C. & SHUMWAY, C. R. 1996. To tell the truth about interpreting the Morishima Elasticity of Substitution. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 44, 173-182.
- DEMUNER, B. J., DORIA, E. L. V., CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. & MANFREDI, V. 1991. The influence of eucalypt fiber characteristics on paper properties. 1991 *International Paper Physics Conference, Book 1 and 2*, 185-196.
- DINUS, R. J. & WELT, T. 1995. Tailoring fiber properties to paper manufacture: recent developments. *TAPPI Pulping Conference*. Chicago.
- DOS SANTOS, F. & CURVELO, A. A. S. 1999. Utilização de Ligninas em Resinas Fenólicas.1. Preparação de Novolacas a Partir de Lignossulfonatos. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Jan/Mar, 10.
- DOSI, G. 1988. Sources, procedures and microeconomic effects on innovation. *Journal of Economic Literature*, XXVI, 1120-1171.
- DUNNING, J. H. 1980. Toward an eclectic theory of international production - some empirical tests. *Journal of International Business Studies*, 11, 9-31.
- DUNNING, J. H. 1993. Internationalizing Porter's diamond. *Management International Review*, 33, 7-15.
- FAO 2009. Forestry Trade Flows. *FAOSTAT*. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/628/DesktopDefault.aspx?PageID=628>. Acesso em: 01 março 2010.
- FAO 2010. ForesSTAT. *FAOSTAT*. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>. Acesso em: 26 fevereiro 2010.
- FIGUEIREDO, P. 2008. Entrepreneurship, technological capability building and innovative performance in process-intensive Industries across different policy regimes in emerging economies: the Pulp and Paper Industries in Brazil (1950-2006). *DRUID 25th Celebration Conference*. Copenhagen.
- FIGUEIREDO, P. 2009. Industrial policy, innovation capability accumulation and discontinuities: findings from forestry, pulp and paper firms in Brazil. *DRUID Summer Conference*. Copenhagen.
- FIGUEIREDO, P. N. 2010. Discontinuous innovation capability accumulation in latecomer natural resource-processing firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 77, 1090-1108.
- FLEURY, A. C. 1990. Capacitação tecnológica e processo de trabalho. *Revista de Administração de Empresas*, 23-30.
- FOELKEL, C. 2009a. Individualização das Fibras da Madeira do Eucalipto para a Produção de Celulose Kraft. *Eucalyptus Online Book*. Disponível em: [www.eucalyptus.com.br](http://www.eucalyptus.com.br). Acesso em: 09 novembro 2009.

- FOELKEL, C. 2009b. Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. *Eucalyptus online book*. Disponível em: [www.eucalyptus.com.br](http://www.eucalyptus.com.br). Acesso em: 09 novembro 2009.
- FOLKE, J., RENBERG, L. & MCCUBBIN, M. 1996. Environmental aspects of ECF vs. TCF pulp bleaching. In: SERVOS, M., MUNKITTRIK, K. R., CAREY, J. H. & VAN DER KRAAK, G. J. (eds.) *Environmental fate and effects of pulp mill effluents*. Delray Beach: St. Lucie Press.
- FREEMAN, C. 1995. The "National System of Innovation" in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24.
- FUSS, M. A. 1977. The demand for energy in Canadian manufacturing. An example of production structures with many inputs. *Journal of Economy*, 5, 89-116.
- GOMES, M. F. M. & ROSADO, P. L. 2005. Mudança na produtividade dos fatores de produção da cafeicultura nas principais regiões produtoras do Brasil. *Revista de Economia Rural*, 43, 633-655.
- GRATTAPAGLIA, D. 2004. Integrating genomics into Eucalyptus breeding. *Genetics and Molecular Research*, 3, 369-379.
- HAWKINS WRIGHT. 2010. *Pulpwatch Data Centre*. London: Hawkins Wright Ltd.
- HICKS, J. R. 1970. Elasticity of substitution again: substitutes and complements. *Oxford Economic Papers*, 22, 289-296.
- HIDAYAT, H. 2007. Pulp and Paper Industries in Japan and Indonesia: from the viewpoint of Political Ecology. Chiba.
- HILGEMBERG, E. M. & BACHA, C. J. C. 2003. A indústria brasileira de celulose de mercado e as pressões ambientais. *Estudos Econômicos*, 33, 143-180.
- HILLMAN, D. C. & ROOKS, A. 2002. Single-species pulping: the world's preferred market pulps. *Solutions!* November ed. TAPPI Press.
- HORN, R. 1978. Morphology of pulp fiber from hardwoods and influence on paper strength. *Research Paper FPL 312*. Madison: Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture.
- IPEF 1984. Prêmio Marcus Wallenberg de 1984 sai para técnicos da Aracruz Florestal. *Revista IPEF*, 27, 5.
- IPEF 2004. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: [www.ipef.br](http://www.ipef.br). Acesso em: 28 abril 2010.
- JONES, M. 2008. Cost competitiveness of global market pulp producers. *RISI Latin American Pulp and Paper Outlook Conference*. São Paulo.
- JORGE, M. M. 1993. Nota técnica setorial: Competitividade da indústria de celulose. *Estudo da competitividade da indústria brasileira*. Campinas: IE/UNICAMP, IEI/UFRJ, FDC, FUNCEX.

- KATZ, J. 2000. The dynamics of technological learning during the import-substitution period and recent structural changes in the industrial sector of Argentina, Brazil, and Mexico. In: KIM, L. & NELSON, R. R. (eds.) *Technology, learning and innovation: experiences of newly industrializing economies*. Cambridge: The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- KIBEL, P. S. 1995. Canada's International Forest Protection Obligations: a case of promises forgotten in British Columbia and Alberta. *Fordham Environmental Law Journal*, 6, 22.
- KISSINGER, M., FIX, J. & REES, W. E. 2007. Wood and non-wood pulp production: Comparative ecological footprinting on the Canadian prairies. *Ecological Economics*, 62, 552-558.
- KLUMP, R. & PREISLER, H. 2000. CES production functions and economic growth. *Scandinavian Journal of Economics*, 102, 41-56.
- KRUGMAN, P. R. 1979. A model of innovation, technology transfer, and the world distribution of income. *The Journal of Political Economy*, 87, 253-266.
- KRUGMAN, P. R. 1996. Making sense of the competitiveness debate. *Oxford Review of Economic Policy*, 12, 17-25.
- KUHLBERG, M. 2009. The pulp and paper industry. *Encyclopedia of Canadian History*. Online edition. Disponível em: [www.jrank.org/history/pages/7941/pulp-paper-industry.html](http://www.jrank.org/history/pages/7941/pulp-paper-industry.html). Acesso em: 02 dezembro 2009.
- LAAKSO, S. 2008. *Modeling of chip bed packing in a continuous kraft cooking digester*. Tese (Doutorado). Helsinki University of Technology. Helsinque.
- LEE, K. & LIM, C. S. 2001. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. *Research Policy*, 30, 459-483.
- LEHTONEN, J. 2005. Papermaking furnish: a story of disruptive innovations. *Pulp & Paper International*.
- LIU, F. P. & RETULAINEN, E. 2004. Suitability of Acacia pulp for woodfree coating base papers. *Appita Journal*, 57, 460-464.
- MALERBA, F. 2002. Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, 31, 247-264.
- MANHÃES, G. F., VIANNA, A. M. A. & GONÇALVES, L. M. 2006. Recent trends in the pulp business. *Asian Paper 2006: Senior Management Symposium*. Bangkok.
- MATTOS, R. L. G. & VALENÇA, A. C. V. 1999. A Reestruturação do setor de papel e celulose. *BNDES Setorial*. Rio de Janeiro.
- MCCLOSKEY, D. N. & ZILIAK, S. T. 1996. The standard error of regressions. *Journal of Economic Literature*, 34, 97-114.

- MCROBERTS, M. L. 1988. When good intentions fail: a case of Forest Policy in the British Columbia interior, 1945-56. *Journal of Forest History*, 32, 138-149.
- MIDGLEY, S. J., TURNBULL, J. W.; & PINYOPUSARERK, K. 2003. Industrial acacias in Asia: Small brother or big competitor? In: WEI, R. P. & XU, D. (eds.) *Proc. International Symposium on Eucalyptus Plantations, September 1-6, 2002, Guangdong, China*, pp 19-36.
- MINNES, G. 2010. Pulp and Paper Industry. *The Canadian Encyclopedia*. Historica Foundation. Disponível em: [www.thecanadianencyclopedia.com](http://www.thecanadianencyclopedia.com). Acesso em: 03 dezembro 2010.
- MOHLIN, U. B. & HORNATOWSKA, J. 2006. Fibre and sheet properties of Acacia and Eucalyptus. *Appita Journal*, 59, 225-230.
- MONTEBELLO, A. E. & BACHA, C. J. 2009. Avaliação das pesquisas e inovações tecnológicas ocorridas na silvicultura e na produção industrial de celulose no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 47, 33.
- NAGUBADI, R. V., ZHANG, D., PRESTEMON, J. P. & WEAR, D. N. 2004. Softwood lumber products in the United States: substitutes, complements, or unrelated? *Forest Science*, 50, 416-426.
- NELSON, R. R. & WINTER, S. G. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press.
- OECD 1996. *Industrial Competitiveness: Benchmarking Business Environment in the Global Economy*. Paris: OECD.
- PAVITT, K. 1984. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-373.
- PENROSE, E. 1959. *The theory of the growth of the firm*, Oxford, Basil Blackwell.
- PEREZ, C. & SOETE, L. 1988. Catching-up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. & SOETE, L. (eds.) *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter Publishers.
- PINDYCK, R. S. & RUBINFELD, D. L. 2005. *Microeconomia*, São Paulo, Pearson Prentice Hall.
- PIZZOL, S. J. & BACHA, C. J. 1998. Evolução, estrutura e desafios da indústria de celulose no Brasil. *Preços Agrícolas*, 12, 10.
- PORTER, M. E. 1990. *The Competitive Advantage of Nations*, Londres, MacMillan.
- PULKKINEN, I., FISKARI, J. & ALOPÆUS, V. 2009. The effect of hardwood fiber morphology on the hygroexpansivity of paper. *Bioresources*, 4, 126-141.
- ROCHA, S. S. 2006. Sustentabilidade no setor brasileiro de papel e celulose: uma análise comparativa entre empresas nacionais e transnacionais. Dissertação

- de Mestrado. Faculdade de Economia. Universidade Estadual Paulista. Araraquara.
- SANTOS, A., ANJOS, O. & SIMÕES, R. 2005. Avaliação da Qualidade do Papel Produzido com Fibra de Acacia spp. *Silva Lusitana*, 13, 249-266.
- SCHUMPETER, J. A. 1962. The process of creative destruction. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper Torchbooks.
- SCHUMPETER, J. A. 1969/1926. *Teoria do Desenvolvimento Econômico*, Rio de Janeiro, Fundo de Cultura.
- SHARMA, S. & HENRIQUES, I. 2005. Stakeholder influences on sustainability practices in the Canadian forest products industry. *Strategic Management Journal*, 26 (2), 159-180.
- SOETE, L. 1987. The impact of technological innovation on international trade patterns: the evidence reconsidered. *Research Policy*, 16, 101-130.
- SONNENFELD, D. A. 1998. Social movements, environment, and technology in Indonesia's pulp and paper industry. *Asian Pacific Viewpoint*, 39 (1), 95-110.
- STERN, D. I. 2004. Elasticities of Substitution and Complementarity. *Working Papers in Economics*, n. 0403. New York: Rensselaer Polytechnic Institute.
- TANG, X., KANT, S., LAAKSONEN-CRAIG, S. & ASINAS, E. R. 2008. Measuring the competitiveness of Canadian pulp and paper in the US market reveals needs for more research. *Canadian Journal of Forestry Research*, 38, 2951-2964.
- THOMPSON, H. 1997. Substitution elasticities with many inputs. *Applied Mathematical Letters*, 10, 123-127.
- TOIVANEN, H. 2004. Learning and Corporate Strategy. The Dynamic Evolution of North American Pulp and Paper Industry, 1860-1960. Tese (Doutorado). Georgia Institute of Technology. Atlanta.
- TOIVANEN, H. & LIMA-TOIVANEN, M. B. 2009. Learning, innovation and public policy: the emergence of the Brazilian Pulp and Paper Industry. In: MALERBA, F. & MANI, S. (eds.) *Sectoral system of innovation and production in developing countries: actors, structure and evolution*. Northampton: Edward Elgar Publishing, Inc.
- TWEDE, D. & SELKE, S. E. M. 2005. *Cartons, Crates and Corrugated Board: Handbook of Paper and Wood Packaging Technology*, Lancaster, PA, Destech Publications, Inc.
- UNCTAD. 2009. Handbook of Statistics. *United Nations Conference on Trade and Development*. Disponível em: [www.unctad.org](http://www.unctad.org). Acesso em: 01 abril 2010.
- USITC. 2010. *US International Trade Commission*. Disponível em: <http://dataweb.usitc.gov>. Acesso em: 24 junho 2010.

- VAN DIJK, M. & BELL, M. 2007. Rapid growth with limited learning: industrial policy and Indonesia's pulp and paper industry. *Oxford Development Studies*, 35, 149-169.
- VAN DIJK, M. & SZIRMAI, A. 2006. Technical efficiency and embodied technical change in the Indonesian pulp and paper industry. *Journal of International Development*, 18, 163-178.
- VERNON, R. 1966. International investment and international trade in product cycle. *Quarterly Journal of Economics*, 190-207.
- WEF 2003. The Global Competitiveness Report 2003. New York: World Economic Forum.
- WEF 2009. The Global Competitiveness Report 2009–2010. In: SCHWAB, K. (ed.). Geneva: World Economic Forum.
- YAN, L. & NAZHAD, M. M. 2006. Separate or mixed-refining of acacia for production of fine paper. *Research Progress in Pulping and Papermaking*, 2006, 200-203.
- ZOBEL, B., CAMPINHOS, E. & IKEMORI, Y. 1983. Selecting and breeding for desirable wood. *Tappi Journal*, 66, 70-74.

## GLOSSÁRIO

**BEKP** - polpa kraft branqueada de eucalipto.

**BHKP** - Polpa kraft branqueada de fibra curta (todos os *grades*, incluindo: BEKP, SMHW, NMHW)

**BKP** - Polpa kraft branqueada (inclui polpas de fibra curta e longa)

**BSKP-northern**- polpa kraft branqueada de fibra longa produzida na Escandinávia ou no Canadá, também chamada de NBSK.

**BSKP-southern** - toda polpa kraft branqueada de fibra longa produzida nos Estados Unidos, inclusive fluff.

**BSKP-other** - outros *grades* de polpa kraft branqueada de fibra longa, produzida em outros lugares, que não Escandinávia ou América do Norte.

**BSKP** - polpa kraft branqueada de fibra longa.

**BSP**- polpa sulfito branqueada.

**Catch-up** - processo de redução de gap tecnológico (ver páginas 27 e 28).

**CTMP** - pasta quimitermomecânica.

**Hardwood (HW)** - madeira de folhosa (fibra curta).

**Integrada** – fábrica de celulose e papel num mesmo local; pode ou não ter etapa de secagem da celulose; não havendo secagem, a polpa é alimentada diretamente à produção de papel e não pode ser direcionada para venda (estraga devido à umidade).

**IHW** – polpa de fibra curta da Indonésia.

**NBSK** - polpa kraft branqueada de fibra longa produzida na Escandinávia ou no Canadá, também chamada de NBSK.

**NMHW** - polpa kraft de fibras mistas de folhosas feita no Canadá.

**SMHW** - polpa kraft de fibras mistas de folhosas feita nos Estados Unidos.

**Softwood** – madeira de conífera (fibra longa).



## APÊNDICE A - Especificação do sistema de equações no software eViews

$$S\_B = C(1) + C(2)*\text{Log}(DP\_B) + C(3)*\text{Log}(DP\_I) - (c(2) + c(3)) * \text{Log}(DP\_O)$$

$$S\_I = C(4) + C(3)*\text{Log}(DP\_B) + C(5)*\text{Log}(DP\_I) - (c(3) + c(5))*\text{Log}(DP\_O)$$

onde:

$S\_i$  = participação (share) do país  $i$  no mercado chinês de polpa de fibra curta;

$DP\_i$  = preço da polpa de fibra curta do país  $i$  no mercado chinês, em base constante (deflacionado pelo PPI, 1982=100);

$$C(1) = \beta_B$$

$$C(2) = \beta_{BB}$$

$$C(3) = \beta_{BI} = \beta_{IB}$$

$$C(4) = \beta_I$$

$$C(5) = \beta_{II}$$

$$-[C(2) + C(3)] = \beta_{BO}$$

$$-[C(3) + C(5)] = \beta_{IO}$$

Determinação dos coeficientes da equação suprimida do sistema, através da aplicação das condições de simetria e de homogeneidade linear:

$$\beta_O = 1 - \beta_B - \beta_I$$

$$\beta_{OB} = \beta_{BO}$$

$$\beta_{OI} = \beta_{IO}$$

$$\beta_{OO} = -[\beta_{OB} + \beta_{OI}]$$

Os resultados determinados dessa forma foram verificados a partir de outras estimativas do sistema: especificando-se SB e SO (omitindo-se SI), e especificando-se SO e SI (omitindo-se SB). Os desvios-padrão apresentados foram obtidos a partir dessas estimativas.

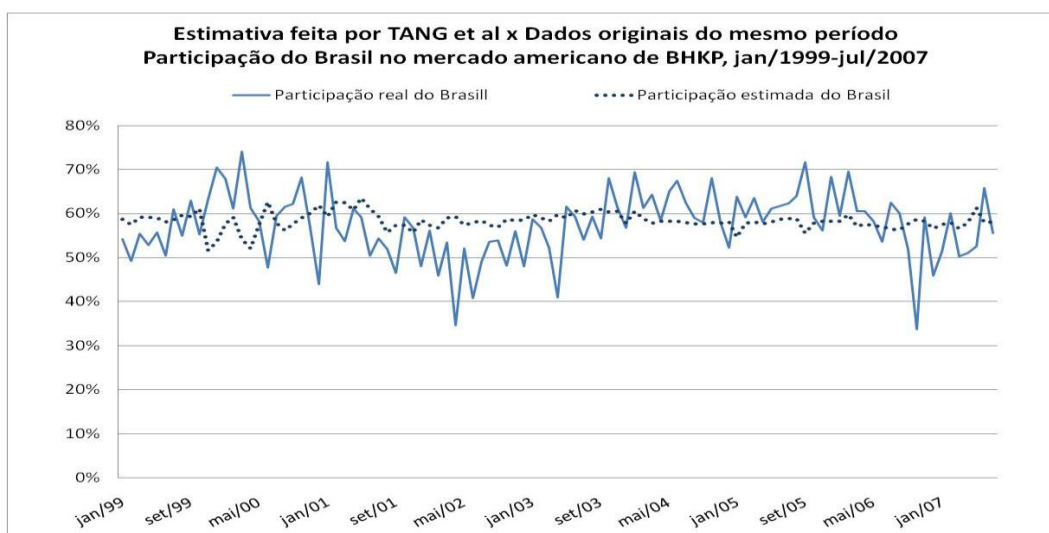
**APÊNDICE B - Dados de participação e preço no mercado de BHPK  
dos Estados Unidos, segundo a origem da polpa.**

	Participação, %			Preço deflacionado, US\$/t(1982=100)		
	Brasil	Canadá	Outros	Brasil	Indonésia	Outros
jan/03	59%	41%	1%	386	315	352
fev/03	57%	39%	5%	350	322	488
mar/03	52%	48%	0%	344	333	448
abr/03	41%	51%	8%	418	355	496
mai/03	62%	33%	6%	416	368	443
jun/03	59%	36%	5%	438	342	481
jul/03	54%	39%	7%	448	363	434
ago/03	59%	38%	2%	446	352	447
set/03	54%	40%	5%	439	327	428
out/03	68%	29%	3%	413	339	566
nov/03	61%	35%	4%	460	350	398
dez/03	57%	38%	6%	356	352	421
jan/04	69%	29%	1%	446	337	376
fev/04	61%	33%	6%	362	330	450
mar/04	64%	31%	5%	329	330	434
abr/04	58%	38%	4%	356	340	416
mai/04	65%	26%	9%	325	315	432
jun/04	67%	29%	3%	337	329	459
jul/04	63%	32%	5%	347	345	442
ago/04	59%	35%	6%	356	357	435
set/04	58%	32%	10%	332	332	393
out/04	68%	26%	6%	330	335	516
nov/04	58%	35%	7%	324	324	396
dez/04	52%	46%	2%	293	283	331
jan/05	64%	27%	9%	261	326	263
fev/05	59%	39%	2%	339	338	406
mar/05	64%	36%	0%	348	346	490
abr/05	58%	39%	3%	367	362	392
mai/05	61%	31%	8%	391	367	384
jun/05	62%	27%	11%	393	336	290
jul/05	62%	34%	3%	377	338	387
ago/05	64%	32%	4%	381	339	383
set/05	72%	26%	2%	271	328	373
out/05	59%	34%	7%	356	342	347
nov/05	56%	40%	4%	373	343	328
dez/05	68%	22%	10%	342	326	404
jan/06	59%	36%	4%	335	318	391
fev/06	69%	30%	0%	341	305	620
mar/06	60%	36%	4%	336	341	314
abr/06	61%	36%	3%	333	336	400
mai/06	58%	39%	3%	339	335	276
jun/06	54%	44%	3%	325	333	319
jul/06	63%	37%	1%	311	338	320
ago/06	60%	39%	1%	319	347	304
set/06	52%	35%	13%	413	361	193
out/06	34%	62%	4%	403	359	376
nov/06	59%	33%	7%	398	355	285
dez/06	46%	47%	7%	386	354	139
jan/07	51%	44%	5%	330	344	467
fev/07	60%	38%	2%	338	320	331
mar/07	50%	45%	5%	296	328	395

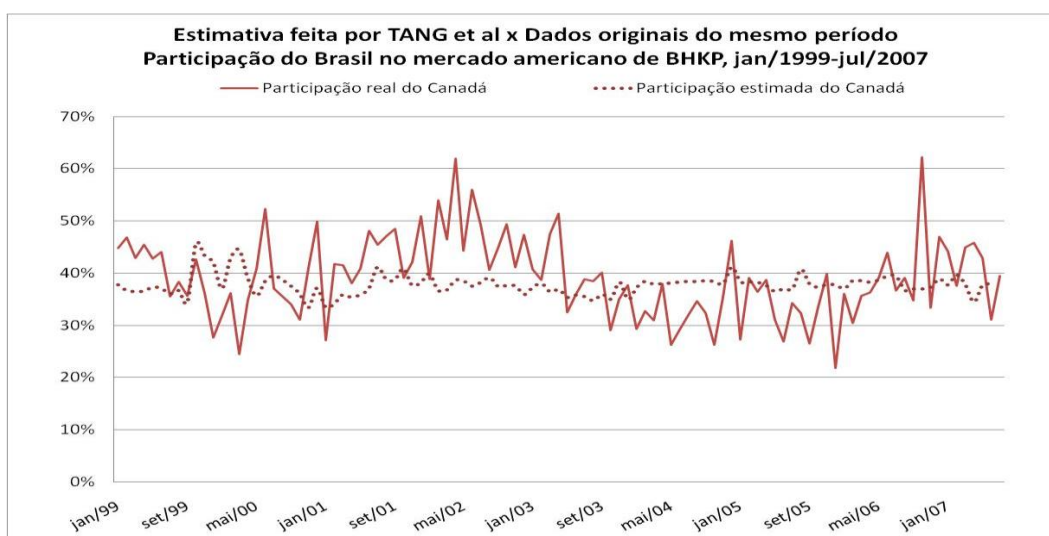
	Participação, %			Preço deflacionado, US\$/t(1982=100)		
	Brasil	Canadá	Outros	Brasil	Indonésia	Outros
abr/07	51%	46%	3%	342	325	350
mai/07	53%	43%	5%	412	299	400
jun/07	66%	31%	3%	342	324	330
jul/07	56%	39%	5%	339	323	381
ago/07	57%	41%	2%	472	317	334
set/07	59%	36%	5%	338	311	467
out/07	57%	43%	1%	347	292	290
nov/07	61%	35%	5%	337	363	396
dez/07	62%	35%	2%	336	365	394
jan/08	60%	36%	3%	315	367	437
fev/08	54%	44%	2%	349	373	388
mar/08	63%	28%	10%	349	381	324
abr/08	66%	32%	2%	318	393	282
mai/08	69%	29%	2%	397	391	352
jun/08	56%	42%	2%	349	385	375
jul/08	62%	36%	2%	422	379	364
ago/08	52%	45%	3%	641	370	334
set/08	62%	37%	0%	604	376	238
out/08	60%	37%	3%	440	375	336
nov/08	56%	40%	4%	426	357	348
dez/08	69%	28%	3%	316	338	327
jan/09	73%	27%	0%	227	340	572
fev/09	43%	56%	2%	319	305	354
mar/09	79%	21%	0%	273	294	278
abr/09	67%	32%	0%	288	301	258
mai/09	51%	49%	0%	328	303	316
jun/09	74%	26%	0%	338	310	411
jul/09	66%	34%	0%	342	312	332
ago/09	70%	29%	1%	311	325	318
set/09	79%	20%	0%	300	342	381
out/09	71%	29%	0%	318	350	419
nov/09	78%	21%	1%	279	359	304
dez/09	65%	35%	1%	323	367	352
jan/10	75%	25%	0%	332	362	357
fev/10	72%	26%	2%	308	366	355
mar/10	65%	28%	8%	315	381	243

## APÊNDICE C - Verificação de aderência das participações reais e estimadas pela literatura no mercado americano de BHKP.

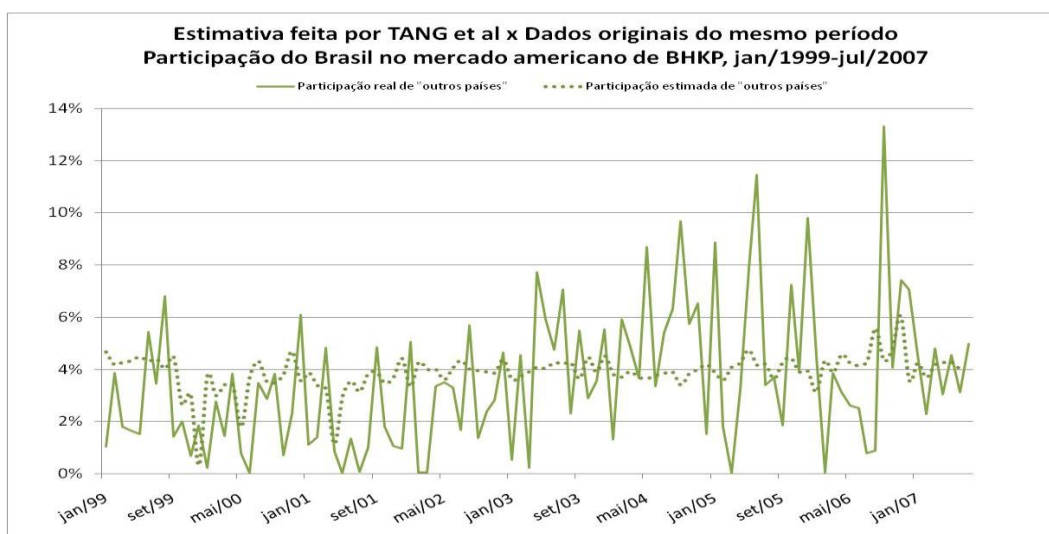
Os valores de participação estimada nos gráficos 29 a 30 deste apêndice foram obtidos a partir do uso dos parâmetros obtidos por Tang et al. (2008) no sistema de equações descrito no item 4.6, aplicados aos dados da USITC que serviram de fonte para o trabalho. Os valores reais também foram obtidos da USITC, deflacionados pelo Producer Price Index, conforme indicado pelos autores.



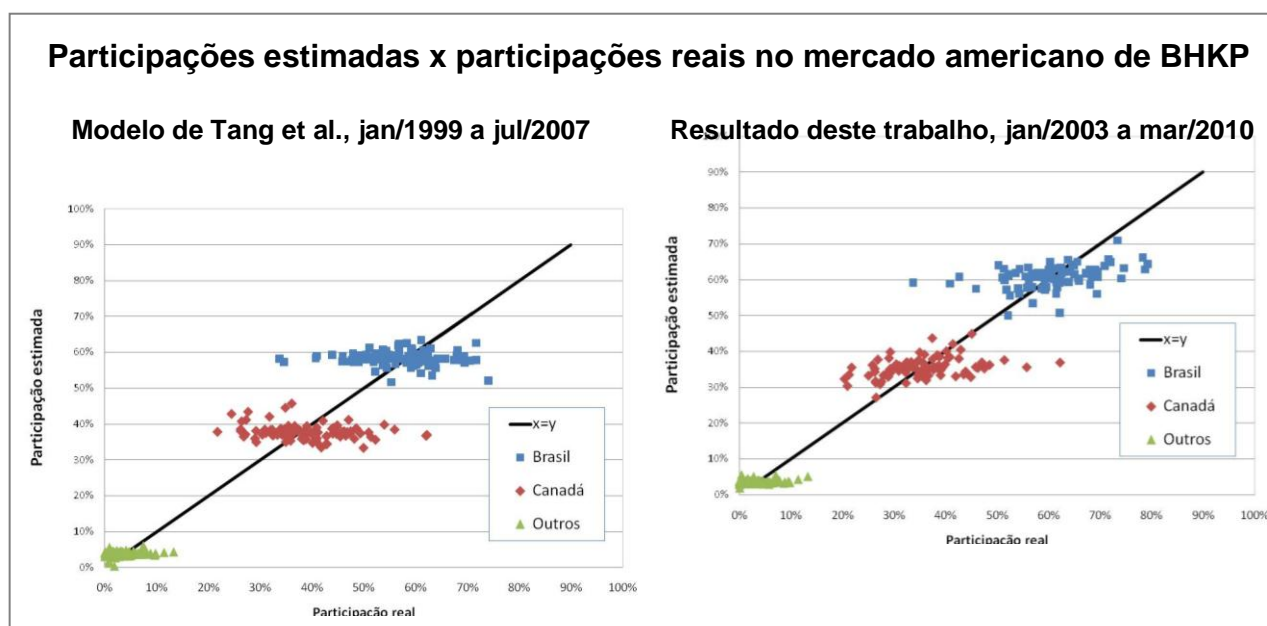
**Figura 43.** Comparação entre a participação real do Brasil no mercado americano de BHKP e a participação estimada por Tang et al.



**Figura 44.** Comparação entre a participação real do Canadá no mercado americano de BHKP e a participação estimada por Tang et al.



**Figura 45. Comparação entre a participação real de outros países (que não Brasil e Canadá) no mercado americano de BHPK e a participação estimada por Tang et al.**



**Figura 46. Comparação entre aderência de modelo de Tang et al. e aderência do modelo obtido neste trabalho para a participação de Brasil, Canadá e outros países no mercado americano de BHPK.**

**APÊNDICE D - Elasticidade-preço de demanda direta e cruzada para  
BHP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado  
americano.**

	elasticidade-preço cruzada						elasticidade-preço direta		
	$\epsilon_{BC}$	$\epsilon_{CB}$	$\epsilon_{CO}$	$\epsilon_{OC}$	$\epsilon_{OB}$	$\epsilon_{BO}$	$\epsilon_{BB}$	$\epsilon_{CC}$	$\epsilon_{OO}$
jan/03	0,717	1,030	-0,009	-0,648	4,866	0,045	-0,762	-1,022	-4,219
fev/03	0,706	1,037	0,031	0,260	1,083	0,087	-0,792	-1,067	-1,342
mar/03	0,822	0,904	-0,010	-2,053	10,769	0,047	-0,869	-0,894	-8,717
abr/03	0,957	0,762	0,066	0,439	0,712	0,134	-1,091	-0,827	-1,151
mai/03	0,620	1,172	0,041	0,228	1,011	0,097	-0,717	-1,214	-1,239
jun/03	0,664	1,098	0,032	0,238	1,085	0,087	-0,751	-1,130	-1,323
jul/03	0,724	1,007	0,056	0,307	0,872	0,114	-0,837	-1,063	-1,179
ago/03	0,690	1,065	0,008	0,134	1,605	0,063	-0,752	-1,073	-1,739
set/03	0,735	0,995	0,041	0,296	0,969	0,098	-0,833	-1,035	-1,265
out/03	0,556	1,305	0,009	0,091	1,486	0,063	-0,620	-1,314	-1,577
nov/03	0,644	1,133	0,019	0,187	1,274	0,074	-0,718	-1,152	-1,461
dez/03	0,696	1,049	0,040	0,273	0,989	0,097	-0,792	-1,089	-1,262
jan/04	0,554	1,313	-0,006	-0,144	2,464	0,047	-0,601	-1,306	-2,320
fev/04	0,623	1,166	0,042	0,230	1,008	0,097	-0,720	-1,208	-1,238
mar/04	0,591	1,228	0,030	0,190	1,125	0,085	-0,676	-1,258	-1,315
abr/04	0,689	1,062	0,021	0,221	1,223	0,077	-0,765	-1,084	-1,445
mai/04	0,541	1,340	0,065	0,196	0,920	0,123	-0,664	-1,405	-1,116
jun/04	0,561	1,294	0,014	0,120	1,372	0,068	-0,629	-1,308	-1,492
jul/04	0,610	1,191	0,036	0,214	1,058	0,091	-0,701	-1,227	-1,272
ago/04	0,653	1,113	0,047	0,255	0,959	0,103	-0,756	-1,160	-1,215
set/04	0,636	1,139	0,079	0,264	0,821	0,137	-0,773	-1,218	-1,085
out/04	0,529	1,369	0,036	0,162	1,086	0,092	-0,621	-1,405	-1,249
nov/04	0,666	1,092	0,049	0,266	0,939	0,105	-0,772	-1,141	-1,205
dez/04	0,809	0,914	0,003	0,083	2,061	0,060	-0,869	-0,917	-2,144
jan/05	0,557	1,302	0,067	0,208	0,902	0,125	-0,682	-1,369	-1,110
fev/05	0,697	1,055	0,003	0,071	1,886	0,058	-0,755	-1,058	-1,957
mar/05	0,649	1,134	-0,016	-16,141	67,521	0,037	-0,686	-1,118	-51,391
abr/05	0,698	1,050	0,017	0,208	1,303	0,073	-0,771	-1,067	-1,511
mai/05	0,607	1,194	0,060	0,237	0,908	0,117	-0,724	-1,254	-1,145
jun/05	0,562	1,291	0,093	0,218	0,821	0,152	-0,715	-1,384	-1,039
jul/05	0,633	1,153	0,017	0,173	1,311	0,071	-0,704	-1,170	-1,484
ago/05	0,607	1,199	0,019	0,168	1,272	0,074	-0,681	-1,218	-1,440
set/05	0,517	1,402	-0,003	-0,046	1,975	0,051	-0,568	-1,398	-1,929
out/05	0,641	1,133	0,055	0,256	0,915	0,112	-0,753	-1,188	-1,171
nov/05	0,721	1,016	0,025	0,252	1,159	0,081	-0,802	-1,041	-1,410
dez/05	0,483	1,516	0,072	0,159	0,923	0,132	-0,615	-1,587	-1,082
jan/06	0,665	1,097	0,029	0,232	1,115	0,084	-0,750	-1,126	-1,347
fev/06	0,565	1,290	-0,018	-8,778	37,499	0,034	-0,599	-1,272	-28,728
mar/06	0,656	1,113	0,023	0,207	1,208	0,077	-0,733	-1,136	-1,416
abr/06	0,663	1,104	0,015	0,179	1,355	0,070	-0,733	-1,119	-1,534
mai/06	0,701	1,047	0,011	0,169	1,480	0,066	-0,768	-1,058	-1,649
jun/06	0,776	0,949	0,012	0,208	1,470	0,069	-0,845	-0,961	-1,679
jul/06	0,656	1,119	-0,008	-0,366	3,594	0,045	-0,702	-1,111	-3,229
ago/06	0,692	1,065	-0,006	-0,265	3,258	0,048	-0,740	-1,059	-2,993
set/06	0,697	1,039	0,117	0,305	0,694	0,178	-0,876	-1,156	-0,999
out/06	1,159	0,629	0,031	0,480	0,911	0,110	-1,269	-0,660	-1,391
nov/06	0,639	1,136	0,057	0,256	0,907	0,114	-0,753	-1,193	-1,163
dez/06	0,865	0,844	0,058	0,389	0,790	0,122	-0,986	-0,903	-1,179
jan/07	0,794	0,923	0,032	0,315	1,027	0,091	-0,885	-0,956	-1,342
fev/07	0,677	1,084	0,008	0,124	1,621	0,062	-0,739	-1,091	-1,745

	elasticidade-preço cruzada						elasticidade-preço direta		
	$\epsilon_{BC}$	$\epsilon_{CB}$	$\epsilon_{CO}$	$\epsilon_{OC}$	$\epsilon_{OB}$	$\epsilon_{BO}$	$\epsilon_{BB}$	$\epsilon_{CC}$	$\epsilon_{OO}$
mar/07	0,809	0,906	0,035	0,329	0,989	0,095	-0,904	-0,942	-1,318
abr/07	0,813	0,906	0,018	0,270	1,276	0,076	-0,889	-0,924	-1,545
mai/07	0,774	0,947	0,032	0,303	1,039	0,090	-0,864	-0,979	-1,341
jun/07	0,586	1,241	0,013	0,126	1,407	0,067	-0,653	-1,253	-1,533
jul/07	0,720	1,016	0,035	0,278	1,026	0,092	-0,812	-1,051	-1,305
ago/07	0,732	1,007	0,003	0,070	1,963	0,058	-0,790	-1,009	-2,033
set/07	0,666	1,096	0,032	0,240	1,075	0,088	-0,754	-1,128	-1,316
out/07	0,745	0,993	-0,007	-0,478	4,231	0,048	-0,792	-0,986	-3,753
nov/07	0,644	1,131	0,029	0,221	1,116	0,084	-0,729	-1,160	-1,337
dez/07	0,644	1,136	0,007	0,109	1,613	0,061	-0,705	-1,144	-1,722
jan/08	0,663	1,103	0,019	0,195	1,279	0,073	-0,736	-1,122	-1,475
fev/08	0,768	0,960	0,008	0,162	1,649	0,064	-0,832	-0,968	-1,812
mar/08	0,569	1,273	0,075	0,219	0,870	0,133	-0,702	-1,348	-1,089
abr/08	0,599	1,216	0,003	0,046	1,781	0,056	-0,656	-1,219	-1,827
mai/08	0,557	1,304	-0,004	-0,073	2,180	0,050	-0,607	-1,300	-2,107
jun/08	0,742	0,993	0,006	0,122	1,766	0,061	-0,803	-0,999	-1,888
jul/08	0,648	1,129	0,005	0,084	1,728	0,059	-0,707	-1,134	-1,812
ago/08	0,798	0,923	0,015	0,243	1,364	0,073	-0,871	-0,938	-1,607
set/08	0,666	1,106	-0,011	-0,993	6,162	0,042	-0,707	-1,095	-5,170
out/08	0,678	1,080	0,014	0,175	1,404	0,068	-0,746	-1,093	-1,580
nov/08	0,729	1,006	0,023	0,250	1,185	0,079	-0,808	-1,029	-1,435
dez/08	0,546	1,329	0,006	0,062	1,588	0,060	-0,606	-1,334	-1,650
jan/09	0,512	1,417	-0,021	-6,582	28,480	0,033	-0,545	-1,396	-21,903
fev/09	0,982	0,752	0,006	0,197	1,885	0,071	-1,053	-0,757	-2,082
mar/09	0,443	1,639	-0,027	-63,066	257,216	0,030	-0,473	-1,612	-194,194
abr/09	0,592	1,235	-0,014	-1,052	6,243	0,039	-0,631	-1,221	-5,192
jun/09	0,502	1,443	-0,022	-28,069	115,534	0,032	-0,534	-1,421	-87,485
jul/09	0,615	1,192	-0,016	-11,947	50,452	0,036	-0,651	-1,175	-38,514
ago/09	0,553	1,314	-0,009	-0,236	2,840	0,044	-0,598	-1,305	-2,605
set/09	0,433	1,680	-0,025	-1,335	7,029	0,033	-0,466	-1,656	-5,695
out/09	0,544	1,336	-0,018	-3,278	15,165	0,035	-0,579	-1,318	-11,890
nov/09	0,441	1,647	-0,020	-0,607	4,094	0,037	-0,478	-1,627	-3,487
dez/09	0,625	1,173	-0,011	-0,725	4,989	0,041	-0,666	-1,161	-4,265
jan/10	0,493	1,469	-0,020	-1,683	8,583	0,034	-0,528	-1,449	-6,901
fev/10	0,516	1,406	-0,007	-0,113	2,248	0,048	-0,564	-1,399	-2,136
mar/10	0,556	1,303	0,057	0,202	0,947	0,114	-0,670	-1,360	-1,149
média	0,651	1,121	0,021	0,198	1,241	0,075	-0,726	-1,142	-1,439

**APÊNDICE E - Elasticidade de substituição de Allen e de Morishima  
para BHKP do Brasil, do Canadá e de outros países no mercado  
americano.**

	Elastic. Substituição de Allen			Elasticidade de Substituição de Morishima					
	$\sigma_{BC} = \sigma_{CB}$	$\sigma_{CO} = \sigma_{OC}$	$\sigma_{OB} = \sigma_{BO}$	$M_{BC}$	$M_{CB}$	$M_{CO}$	$M_{OC}$	$M_{OB}$	$M_{BO}$
jan/03	1,76	-1,59	8,30	1,793	1,739	0,374	4,210	4,264	5,629
fev/03	1,82	0,67	1,91	1,829	1,773	1,327	1,373	1,429	1,875
mar/03	1,73	-4,32	20,60	1,773	1,716	-1,159	8,708	8,764	11,638
abr/03	1,86	0,85	1,74	1,853	1,784	1,267	1,217	1,285	1,803
mai/03	1,90	0,70	1,64	1,889	1,833	1,441	1,280	1,336	1,728
jun/03	1,85	0,66	1,83	1,849	1,794	1,367	1,354	1,410	1,836
jul/03	1,86	0,79	1,61	1,844	1,786	1,370	1,234	1,293	1,709
ago/03	1,80	0,35	2,71	1,817	1,762	1,207	1,747	1,802	2,357
set/03	1,83	0,74	1,78	1,827	1,770	1,332	1,306	1,363	1,802
out/03	1,92	0,32	2,18	1,925	1,870	1,406	1,587	1,641	2,105
nov/03	1,84	0,54	2,07	1,851	1,796	1,339	1,480	1,534	1,992
dez/03	1,85	0,72	1,74	1,841	1,785	1,362	1,302	1,359	1,782
jan/04	1,89	-0,49	3,55	1,913	1,860	1,162	2,314	2,367	3,065
fev/04	1,90	0,70	1,64	1,887	1,831	1,438	1,279	1,335	1,728
mar/04	1,91	0,62	1,75	1,904	1,849	1,448	1,345	1,400	1,801
abr/04	1,82	0,58	2,09	1,828	1,773	1,305	1,466	1,521	1,989
mai/04	2,06	0,75	1,41	2,004	1,946	1,601	1,181	1,239	1,584
jun/04	1,92	0,41	2,03	1,923	1,869	1,428	1,506	1,560	2,001
jul/04	1,90	0,67	1,69	1,892	1,837	1,441	1,308	1,363	1,759
ago/04	1,89	0,74	1,62	1,870	1,813	1,415	1,261	1,318	1,715
set/04	1,97	0,82	1,42	1,913	1,854	1,482	1,164	1,222	1,594
out/04	2,01	0,62	1,60	1,991	1,934	1,567	1,284	1,341	1,707
nov/04	1,88	0,75	1,62	1,864	1,807	1,407	1,254	1,310	1,711
dez/04	1,75	0,18	3,95	1,783	1,726	0,999	2,147	2,204	2,931
jan/05	2,04	0,76	1,41	1,984	1,926	1,577	1,178	1,235	1,584
fev/05	1,78	0,18	3,19	1,810	1,755	1,130	1,960	2,015	2,640
abr/05	1,81	0,54	2,24	1,821	1,765	1,276	1,529	1,584	2,074
mai/05	1,96	0,76	1,49	1,918	1,861	1,491	1,205	1,262	1,632
jun/05	2,09	0,81	1,33	2,006	1,947	1,603	1,132	1,192	1,536
jul/05	1,85	0,50	2,10	1,857	1,803	1,343	1,501	1,556	2,016
ago/05	1,88	0,52	1,99	1,879	1,825	1,385	1,459	1,513	1,953
set/05	1,96	-0,17	2,76	1,970	1,916	1,352	1,926	1,981	2,544
out/05	1,91	0,76	1,54	1,886	1,829	1,444	1,226	1,282	1,668
nov/05	1,81	0,63	2,06	1,818	1,762	1,292	1,435	1,491	1,961
dez/05	2,22	0,73	1,35	2,130	2,070	1,746	1,153	1,214	1,538
jan/06	1,85	0,64	1,88	1,846	1,791	1,358	1,376	1,431	1,864
mar/06	1,84	0,58	2,00	1,846	1,792	1,343	1,438	1,493	1,942
abr/06	1,82	0,49	2,24	1,836	1,782	1,297	1,549	1,604	2,088
mai/06	1,79	0,43	2,54	1,814	1,759	1,228	1,661	1,716	2,247
jun/06	1,77	0,47	2,74	1,794	1,738	1,169	1,691	1,747	2,315
jul/06	1,79	-1,00	5,75	1,821	1,768	0,745	3,221	3,274	4,296
ago/06	1,77	-0,68	5,42	1,804	1,751	0,794	2,987	3,041	3,998
set/06	2,00	0,88	1,34	1,915	1,853	1,460	1,116	1,177	1,570
out/06	1,86	0,77	2,70	1,898	1,819	1,140	1,423	1,502	2,180
nov/06	1,92	0,77	1,53	1,889	1,832	1,449	1,220	1,276	1,660
dez/06	1,84	0,83	1,72	1,831	1,767	1,291	1,237	1,300	1,776
jan/07	1,80	0,71	2,00	1,809	1,750	1,270	1,374	1,433	1,913
fev/07	1,80	0,33	2,69	1,822	1,768	1,215	1,752	1,807	2,359
mar/07	1,80	0,73	1,97	1,810	1,751	1,271	1,354	1,413	1,893



	Elastic. Substituição de Allen			Elasticidade de Substituição de Morishima					
	$\sigma_{BC} = \sigma_{CB}$	$\sigma_{CO} = \sigma_{OC}$	$\sigma_{OB} = \sigma_{BO}$	$M_{BC}$	$M_{CB}$	$M_{CO}$	$M_{OC}$	$M_{OB}$	$M_{BO}$
abr/07	1,77	0,59	2,50	1,795	1,737	1,194	1,563	1,622	2,165
mai/07	1,80	0,70	1,98	1,811	1,753	1,282	1,373	1,431	1,903
jun/07	1,89	0,41	2,14	1,894	1,839	1,379	1,546	1,600	2,060
jul/07	1,83	0,71	1,85	1,827	1,771	1,329	1,340	1,396	1,838
ago/07	1,77	0,17	3,45	1,797	1,742	1,080	2,036	2,091	2,753
set/07	1,85	0,67	1,82	1,849	1,794	1,368	1,348	1,404	1,829
out/07	1,75	-1,12	7,45	1,786	1,731	0,508	3,746	3,801	5,023
nov/07	1,86	0,64	1,84	1,860	1,805	1,381	1,366	1,421	1,844
dez/07	1,82	0,31	2,59	1,841	1,787	1,252	1,730	1,783	2,318
jan/08	1,83	0,54	2,12	1,839	1,784	1,317	1,494	1,548	2,015
fev/08	1,77	0,37	3,03	1,792	1,736	1,130	1,819	1,876	2,481
mar/08	2,04	0,78	1,39	1,975	1,917	1,567	1,164	1,222	1,572
abr/08	1,85	0,14	2,72	1,872	1,819	1,265	1,830	1,883	2,437
mai/08	1,89	-0,25	3,16	1,911	1,858	1,227	2,103	2,157	2,787
jun/08	1,77	0,29	3,15	1,796	1,741	1,121	1,894	1,949	2,569
jul/08	1,82	0,24	2,78	1,836	1,782	1,218	1,817	1,871	2,435
ago/08	1,77	0,54	2,62	1,794	1,736	1,181	1,622	1,679	2,235
set/08	1,78	-2,65	9,91	1,813	1,760	0,101	5,159	5,212	6,870
out/08	1,81	0,47	2,35	1,826	1,772	1,269	1,593	1,648	2,151
nov/08	1,80	0,62	2,12	1,814	1,758	1,279	1,458	1,514	1,993
dez/08	1,92	0,22	2,30	1,935	1,881	1,397	1,656	1,710	2,194
jan/09	1,93	-24,82	38,80	1,962	1,908	-5,186	21,882	21,936	29,025
fev/09	1,76	0,35	4,42	1,804	1,739	0,955	2,088	2,153	2,937
abr/09	1,83	-3,26	9,27	1,865	1,813	0,169	5,178	5,231	6,873
jul/09	1,81	-35,11	76,53	1,843	1,790	-10,772	38,497	38,550	51,103
ago/09	1,89	-0,80	4,08	1,912	1,858	1,069	2,596	2,649	3,438
set/09	2,12	-6,54	8,87	2,146	2,088	0,321	5,671	5,728	7,495
out/09	1,88	-11,34	21,38	1,915	1,862	-1,960	11,871	11,924	15,744
nov/09	2,10	-2,90	5,23	2,125	2,068	1,019	3,467	3,524	4,572
dez/09	1,81	-2,10	7,69	1,839	1,786	0,436	4,253	4,306	5,656
jan/10	1,97	-6,72	11,50	1,997	1,942	-0,234	6,881	6,936	9,111
fev/10	1,95	-0,43	3,12	1,969	1,915	1,286	2,129	2,184	2,812
mar/10	2,02	0,73	1,46	1,973	1,916	1,562	1,205	1,263	1,617
média	1,84	0,56	2,04	1,848	1,793	1,340	1,460	1,514	1,967

**APÊNDICE F - Dados de participação e preço no mercado de BHKP da China, segundo a origem da polpa.**

	Participação, %			Preço deflacionado, US\$/t (1982=100)		
	Brasil	Indonésia	Outros	Brasil	Indonésia	Outros
jan/03	16%	57%	27%	357	338	347
fev/03	40%	36%	24%	374	359	366
mar/03	24%	53%	22%	410	388	393
abr/03	21%	49%	30%	422	409	412
mai/03	25%	58%	17%	406	397	399
jun/03	28%	57%	15%	387	371	365
jul/03	18%	63%	19%	357	345	346
ago/03	15%	58%	27%	363	343	347
set/03	20%	52%	28%	376	350	357
out/03	35%	39%	25%	377	350	357
nov/03	26%	47%	27%	369	343	349
dez/03	41%	39%	20%	356	338	342
jan/04	25%	46%	29%	344	329	334
fev/04	19%	49%	33%	363	343	349
mar/04	34%	43%	23%	390	374	376
abr/04	28%	41%	31%	400	378	383
mai/04	29%	37%	34%	393	368	375
jun/04	30%	50%	20%	387	363	372
jul/04	33%	43%	24%	360	345	350
ago/04	23%	49%	28%	335	324	328
set/04	17%	56%	27%	315	294	305
out/04	20%	45%	35%	329	315	323
nov/04	30%	46%	24%	343	325	332
dez/04	23%	48%	29%	350	337	342
jan/05	36%	41%	23%	367	348	351
fev/05	37%	49%	13%	378	345	358
mar/05	12%	61%	27%	387	358	370
abr/05	32%	39%	29%	404	386	388
mai/05	20%	51%	29%	408	382	387
jun/05	25%	46%	29%	407	378	385
jul/05	22%	63%	15%	392	367	371
ago/05	24%	57%	20%	387	366	367
set/05	15%	66%	20%	392	377	374
out/05	15%	55%	30%	387	372	371
nov/05	17%	59%	25%	386	372	371
dez/05	32%	45%	23%	380	373	372
jan/06	28%	47%	25%	381	374	375
fev/06	34%	45%	21%	383	376	377
mar/06	25%	37%	37%	390	382	384
abr/06	35%	36%	28%	411	401	404
mai/06	36%	35%	30%	412	400	404
jun/06	35%	28%	38%	420	413	412
jul/06	16%	57%	27%	419	412	413
ago/06	33%	37%	29%	434	420	425
set/06	31%	41%	28%	432	408	419
out/06	28%	41%	31%	430	406	418
nov/06	39%	31%	30%	427	410	416
dez/06	27%	45%	28%	422	408	413
jan/07	24%	42%	34%	401	375	388
fev/07	43%	36%	21%	389	367	378

	Participação, %			Preço deflacionado, US\$/t (1982=100)		
	Brasil	Indonésia	Outros	Brasil	Indonésia	Outros
mar/07	20%	49%	31%	388	366	376
abr/07	25%	37%	38%	384	362	373
mai/07	30%	28%	42%	392	370	376
jun/07	26%	31%	43%	403	388	388
jul/07	27%	26%	46%	398	383	385
ago/07	29%	39%	32%	409	394	395
set/07	27%	25%	49%	409	394	395
out/07	27%	28%	46%	417	396	400
nov/07	37%	27%	36%	416	407	405
dez/07	7%	52%	41%	430	421	417
jan/08	33%	31%	37%	418	410	406
fev/08	46%	22%	32%	437	428	421
mar/08	31%	31%	38%	440	431	423
abr/08	38%	29%	33%	456	447	439
mai/08	30%	32%	38%	456	447	439
jun/08	31%	33%	36%	463	457	447
jul/08	34%	29%	37%	457	451	441
ago/08	32%	28%	40%	455	441	436
set/08	30%	36%	34%	435	392	405
out/08	24%	44%	32%	375	314	335
nov/08	27%	33%	40%	288	255	266
dez/08	19%	46%	35%	262	237	247
jan/09	15%	47%	38%	253	247	251
fev/09	39%	27%	33%	253	253	250
mar/09	37%	30%	33%	249	249	247
abr/09	41%	24%	35%	269	269	267
mai/09	55%	15%	30%	291	291	289
jun/09	53%	13%	34%	310	310	308
jul/09	37%	18%	46%	323	323	320
ago/09	37%	19%	44%	331	331	336
set/09	45%	12%	44%	363	363	367
out/09	44%	18%	38%	389	383	383
nov/09	43%	15%	42%	421	421	417
dez/09	33%	19%	48%	421	421	417
jan/10	45%	21%	34%	429	417	421
fev/10	44%	15%	41%	433	421	425
mar/10	45%	19%	36%	444	432	440

**APÊNDICE G - Elasticidade-preço de demanda direta e cruzada para  
BHKP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado  
chinês.**

	elasticidade-preço cruzada						elasticidade-preço direta		
	$\epsilon_{BI}$	$\epsilon_{IB}$	$\epsilon_{IO}$	$\epsilon_{OI}$	$\epsilon_{OB}$	$\epsilon_{BO}$	$\epsilon_{BB}$	$\epsilon_{II}$	$\epsilon_{OO}$
jan/03	10,747	2,988	1,416	2,974	-2,013	-3,446	-7,274	-4,376	-0,962
fev/03	4,363	4,868	2,042	3,130	-2,098	-1,226	-3,126	-6,867	-1,033
mar/03	7,210	3,263	1,446	3,442	-2,384	-2,214	-4,978	-4,680	-1,057
abr/03	8,035	3,530	1,641	2,663	-1,751	-2,457	-5,557	-5,139	-0,911
mai/03	6,983	3,028	1,290	4,488	-3,276	-2,171	-4,795	-4,291	-1,212
jun/03	6,327	3,121	1,301	4,860	-3,596	-1,951	-4,360	-4,394	-1,264
jul/03	9,716	2,720	1,216	4,107	-2,958	-3,129	-6,563	-3,911	-1,149
ago/03	11,408	2,935	1,399	2,978	-2,017	-3,683	-7,696	-4,307	-0,961
set/03	8,761	3,289	1,534	2,830	-1,889	-2,727	-6,012	-4,793	-0,941
out/03	4,968	4,437	1,904	2,981	-1,983	-1,418	-3,538	-6,301	-0,998
nov/03	6,781	3,683	1,660	2,855	-1,897	-2,031	-4,733	-5,309	-0,957
dez/03	4,295	4,588	1,890	3,632	-2,519	-1,227	-3,058	-6,438	-1,114
jan/04	6,917	3,774	1,718	2,688	-1,764	-2,067	-4,833	-5,458	-0,924
fev/04	9,030	3,509	1,668	2,491	-1,622	-2,795	-6,212	-5,145	-0,869
mar/04	5,189	4,095	1,751	3,246	-2,205	-1,507	-3,670	-5,810	-1,041
abr/04	6,269	4,182	1,892	2,507	-1,615	-1,827	-4,426	-6,036	-0,891
mai/04	5,892	4,647	2,099	2,304	-1,454	-1,679	-4,198	-6,704	-0,850
jun/04	5,860	3,508	1,493	3,834	-2,707	-1,761	-4,085	-4,970	-1,127
jul/04	5,354	4,051	1,745	3,165	-2,139	-1,558	-3,782	-5,759	-1,026
ago/04	7,517	3,503	1,601	2,844	-1,893	-2,288	-5,210	-5,073	-0,950
set/04	9,961	3,058	1,437	2,979	-2,014	-3,164	-6,771	-4,467	-0,965
out/04	8,396	3,774	1,789	2,342	-1,504	-2,557	-5,819	-5,528	-0,838
nov/04	5,889	3,816	1,668	3,127	-2,112	-1,739	-4,136	-5,450	-1,014
dez/04	7,344	3,618	1,657	2,740	-1,809	-2,220	-5,106	-5,242	-0,931
jan/05	4,925	4,277	1,816	3,235	-2,193	-1,417	-3,495	-6,055	-1,043
fev/05	4,816	3,648	1,459	5,349	-4,013	-1,445	-3,359	-5,076	-1,337
mar/05	13,995	2,781	1,349	2,995	-2,037	-4,617	-9,342	-4,104	-0,958
abr/05	5,459	4,436	1,955	2,643	-1,714	-1,561	-3,884	-6,351	-0,928
mai/05	8,654	3,338	1,558	2,778	-1,847	-2,685	-5,947	-4,866	-0,931
jun/05	7,025	3,739	1,706	2,692	-1,768	-2,105	-4,903	-5,411	-0,924
jul/05	8,000	2,760	1,174	5,096	-3,810	-2,544	-5,436	-3,910	-1,286
ago/05	7,422	3,084	1,350	3,855	-2,734	-2,306	-5,098	-4,407	-1,120
set/05	11,525	2,608	1,190	3,990	-2,863	-3,774	-7,722	-3,774	-1,128
out/05	11,395	3,059	1,474	2,751	-1,835	-3,663	-7,704	-4,505	-0,916
nov/05	10,271	2,910	1,355	3,247	-2,234	-3,291	-6,954	-4,238	-1,012
dez/05	5,511	3,919	1,690	3,244	-2,206	-1,616	-3,881	-5,574	-1,038
jan/06	6,286	3,682	1,626	3,098	-2,092	-1,874	-4,397	-5,275	-1,006
fev/06	5,200	3,907	1,651	3,589	-2,493	-1,526	-3,661	-5,523	-1,096
mar/06	6,730	4,573	2,120	2,124	-1,327	-1,949	-4,764	-6,651	-0,797
abr/06	4,945	4,774	2,072	2,670	-1,730	-1,390	-3,543	-6,803	-0,940
mai/06	4,866	5,023	2,185	2,539	-1,624	-1,354	-3,501	-7,163	-0,915
jun/06	4,906	6,195	2,740	2,013	-1,220	-1,315	-3,578	-8,878	-0,793
jul/06	10,403	2,993	1,410	3,026	-2,053	-3,326	-7,051	-4,375	-0,972
ago/06	5,195	4,668	2,046	2,597	-1,674	-1,468	-3,714	-6,672	-0,922
set/06	5,537	4,288	1,887	2,739	-1,793	-1,594	-3,929	-6,136	-0,947
out/06	6,257	4,181	1,890	2,511	-1,619	-1,824	-4,418	-6,034	-0,893
nov/06	4,457	5,635	2,426	2,455	-1,551	-1,212	-3,234	-8,010	-0,904
dez/06	6,329	3,872	1,732	2,801	-1,850	-1,871	-4,443	-5,570	-0,951
jan/07	7,129	4,064	1,884	2,355	-1,505	-2,112	-4,999	-5,910	-0,850

	elasticidade-preço cruzada						elasticidade-preço direta		
	$\epsilon_{BI}$	$\epsilon_{IB}$	$\epsilon_{IO}$	$\epsilon_{OI}$	$\epsilon_{OB}$	$\epsilon_{BO}$	$\epsilon_{BB}$	$\epsilon_{II}$	$\epsilon_{OO}$
fev/07	4,098	4,897	2,013	3,512	-2,414	-1,158	-2,930	-6,867	-1,098
mar/07	8,586	3,503	1,649	2,576	-1,686	-2,645	-5,919	-5,120	-0,890
abr/07	6,887	4,612	2,148	2,074	-1,291	-1,997	-4,872	-6,717	-0,782
mai/07	5,705	6,005	2,728	1,837	-1,106	-1,560	-4,130	-8,678	-0,731
jun/07	6,545	5,439	2,525	1,829	-1,112	-1,847	-4,681	-7,914	-0,717
jul/07	6,202	6,387	2,938	1,668	-0,997	-1,704	-4,482	-9,266	-0,672
ago/07	5,897	4,436	1,993	2,443	-1,561	-1,694	-4,188	-6,389	-0,881
set/07	6,284	6,791	3,124	1,591	-0,946	-1,719	-4,549	-9,853	-0,645
out/07	6,343	6,082	2,809	1,706	-1,024	-1,759	-4,568	-8,835	-0,682
nov/07	4,656	6,384	2,797	2,059	-1,250	-1,238	-3,406	-9,123	-0,809
dez/07	22,600	3,172	1,660	2,126	-1,377	-7,658	-14,883	-4,802	-0,749
jan/08	5,235	5,598	2,498	2,085	-1,280	-1,434	-3,788	-8,045	-0,806
fev/08	3,719	7,797	3,286	2,265	-1,386	-0,959	-2,750	-11,013	-0,879
mar/08	5,541	5,541	2,500	2,010	-1,228	-1,528	-3,999	-7,990	-0,782
abr/08	4,514	5,992	2,600	2,260	-1,399	-1,213	-3,290	-8,538	-0,860
mai/08	5,734	5,293	2,399	2,045	-1,257	-1,597	-4,122	-7,643	-0,788
jun/08	5,494	5,268	2,367	2,126	-1,314	-1,525	-3,955	-7,587	-0,812
jul/08	5,005	5,973	2,649	2,042	-1,243	-1,352	-3,641	-8,568	-0,799
ago/08	5,296	6,100	2,736	1,913	-1,154	-1,433	-3,849	-8,781	-0,759
set/08	5,823	4,732	2,135	2,277	-1,433	-1,653	-4,156	-6,824	-0,845
out/08	7,035	3,920	1,803	2,500	-1,616	-2,093	-4,925	-5,688	-0,883
nov/08	6,332	5,210	2,404	1,938	-1,186	-1,789	-4,528	-7,566	-0,751
dez/08	9,071	3,708	1,778	2,299	-1,475	-2,791	-6,257	-5,452	-0,824
jan/09	11,575	3,556	1,761	2,182	-1,398	-3,673	-7,872	-5,284	-0,784
fev/09	4,361	6,265	2,705	2,249	-1,388	-1,162	-3,188	-8,913	-0,861
mar/09	4,708	5,743	2,509	2,253	-1,398	-1,276	-3,420	-8,200	-0,855
abr/09	4,170	7,043	3,028	2,129	-1,292	-1,088	-3,071	-10,007	-0,837
mai/09	3,098	11,331	4,665	2,301	-1,396	-0,774	-2,316	-15,891	-0,905
jun/09	3,190	12,688	5,258	2,053	-1,207	-0,777	-2,405	-17,828	-0,847
jul/09	4,593	9,543	4,171	1,597	-0,918	-1,154	-3,427	-13,625	-0,679
ago/09	4,519	8,776	3,834	1,691	-0,981	-1,145	-3,362	-12,529	-0,710
set/09	3,739	14,398	6,082	1,601	-0,896	-0,884	-2,845	-20,345	-0,705
out/09	3,841	9,398	4,002	1,900	-1,113	-0,958	-2,873	-13,314	-0,788
nov/09	3,872	11,289	4,809	1,709	-0,976	-0,942	-2,920	-15,993	-0,733
dez/09	5,058	8,826	3,914	1,553	-0,899	-1,299	-3,745	-12,658	-0,653
jan/10	3,776	8,239	3,490	2,121	-1,276	-0,963	-2,804	-11,654	-0,845
fev/10	3,831	11,192	4,761	1,734	-0,993	-0,933	-2,888	-15,850	-0,742
mar/10	3,765	9,149	3,882	1,979	-1,169	-0,943	-2,812	-12,947	-0,810
média	5,827	4,426	1,983	2,478	-1,588	-1,673	-4,139	-6,368	-0,890

**APÊNDICE H - Elasticidade de substituição de Allen e de Morishima  
para BHP do Brasil, da Indonésia e de outros países no mercado  
chinês.**

	Elastic. Substituição de Allen			Elasticidade de Substituição de Morishima					
	$\sigma_{BI} = \sigma_{IB}$	$\sigma_{IO} = \sigma_{OI}$	$\sigma_{OB} = \sigma_{BO}$	$M_{BI}$	$M_{IB}$	$M_{IO}$	$M_{OI}$	$M_{OB}$	$M_{BO}$
jan/03	18,85	5,22	-12,70	10,262	15,124	7,351	2,377	-2,484	5,262
fev/03	12,08	8,67	-5,20	7,995	11,230	9,997	3,074	-0,193	1,028
mar/03	13,50	6,45	-9,87	8,241	11,889	8,121	2,504	-1,156	2,594
abr/03	16,52	5,47	-8,20	9,087	13,173	7,801	2,552	-1,546	3,806
mai/03	12,02	7,72	-13,00	7,823	11,275	8,779	2,502	-0,960	1,519
jun/03	11,14	8,56	-12,84	7,481	10,721	9,255	2,565	-0,687	0,764
jul/03	15,31	6,47	-16,66	9,283	13,628	8,019	2,365	-1,980	3,604
ago/03	19,70	5,14	-13,54	10,631	15,715	7,284	2,359	-2,723	5,679
set/03	16,80	5,43	-9,65	9,301	13,553	7,622	2,475	-1,785	4,123
out/03	12,58	7,55	-5,62	7,975	11,269	9,282	2,902	-0,420	1,555
nov/03	14,41	6,06	-7,42	8,416	12,091	8,164	2,617	-1,074	2,836
dez/03	11,12	9,40	-6,10	7,646	10,733	10,070	3,003	-0,113	0,539
jan/04	15,11	5,87	-7,06	8,607	12,375	8,146	2,642	-1,143	3,069
fev/04	18,59	5,13	-8,59	9,721	14,175	7,636	2,537	-1,926	4,590
mar/04	12,08	7,56	-6,51	7,765	10,999	9,056	2,792	-0,465	1,465
abr/04	15,18	6,07	-5,86	8,608	12,304	8,543	2,783	-0,936	2,810
mai/04	15,91	6,22	-4,98	8,846	12,596	9,008	2,949	-0,829	2,744
jun/04	11,65	7,62	-8,99	7,593	10,830	8,804	2,620	-0,634	1,378
jul/04	12,36	7,30	-6,52	7,833	11,113	8,924	2,771	-0,532	1,644
ago/04	15,25	5,77	-8,24	8,713	12,589	7,916	2,552	-1,337	3,317
set/04	17,83	5,33	-11,74	9,830	14,428	7,446	2,402	-2,199	4,758
out/04	18,59	5,18	-7,41	9,592	13,925	7,870	2,627	-1,718	4,315
nov/04	12,85	6,82	-7,11	7,951	11,339	8,576	2,682	-0,725	2,023
dez/04	15,40	5,75	-7,70	8,724	12,586	7,982	2,588	-1,289	3,297
jan/05	11,97	7,86	-6,13	7,773	10,980	9,291	2,859	-0,375	1,303
fev/05	9,78	10,86	-10,75	7,008	9,891	10,425	2,795	-0,108	-0,654
mar/05	23,08	4,94	-16,91	12,123	18,099	7,099	2,307	-3,659	7,305
abr/05	13,93	6,75	-5,39	8,320	11,809	8,994	2,883	-0,632	2,170
mai/05	16,85	5,41	-9,32	9,286	13,520	7,644	2,490	-1,754	4,101
jun/05	15,22	5,83	-7,20	8,642	12,437	8,103	2,629	-1,181	3,134
jul/05	12,60	8,03	-17,40	8,197	11,910	9,006	2,460	-1,257	1,626
ago/05	13,11	6,81	-11,62	8,182	11,829	8,261	2,471	-1,185	2,364
set/05	17,57	6,08	-19,29	10,330	15,299	7,764	2,318	-2,647	4,859
out/05	20,56	4,96	-12,33	10,763	15,901	7,256	2,390	-2,747	5,869
nov/05	17,47	5,52	-13,41	9,864	14,510	7,485	2,367	-2,279	4,720
dez/05	12,30	7,24	-6,92	7,800	11,084	8,818	2,727	-0,578	1,675
jan/06	13,27	6,54	-7,54	8,079	11,561	8,372	2,631	-0,869	2,305
fev/06	11,50	7,94	-7,34	7,568	10,723	9,112	2,747	-0,430	1,168
mar/06	18,02	5,69	-5,23	9,337	13,380	8,775	2,917	-1,152	3,437
abr/06	13,56	7,32	-4,91	8,317	11,748	9,473	3,012	-0,449	1,813
mai/06	14,08	7,34	-4,55	8,524	12,030	9,702	3,100	-0,439	1,877
jun/06	17,78	7,29	-3,50	9,773	13,784	10,891	3,533	-0,523	2,358
jul/06	18,24	5,31	-12,52	10,044	14,779	7,401	2,382	-2,353	4,998
ago/06	13,96	6,98	-5,01	8,382	11,867	9,268	2,968	-0,546	2,040
set/06	13,64	6,75	-5,70	8,217	11,673	8,875	2,833	-0,648	2,136
out/06	15,15	6,08	-5,87	8,599	12,291	8,546	2,783	-0,931	2,799
nov/06	14,50	7,98	-3,99	8,869	12,467	10,465	3,330	-0,307	1,684
dez/06	14,12	6,25	-6,75	8,315	11,899	8,371	2,683	-0,920	2,592

	Elastic. Substituição de Allen			Elasticidade de Substituição de Morishima					
	$\sigma_{BI} = \sigma_{IB}$	$\sigma_{IO} = \sigma_{OI}$	$\sigma_{OB} = \sigma_{BO}$	$M_{BI}$	$M_{IB}$	$M_{IO}$	$M_{OI}$	$M_{OB}$	$M_{BO}$
jan/07	16,90	5,58	-6,26	9,063	13,040	8,265	2,734	-1,262	3,494
fev/07	11,34	9,72	-5,59	7,827	10,965	10,380	3,112	-0,059	0,516
mar/07	17,58	5,28	-8,46	9,422	13,705	7,696	2,539	-1,755	4,233
abr/07	18,63	5,61	-5,22	9,483	13,604	8,791	2,930	-1,215	3,580
mai/07	20,18	6,50	-3,72	10,134	14,382	10,514	3,459	-0,830	3,024
jun/07	21,02	5,87	-4,30	10,120	14,459	9,743	3,242	-1,130	3,570
jul/07	23,51	6,32	-3,67	10,869	15,468	10,934	3,610	-1,033	3,485
ago/07	15,14	6,27	-5,33	8,624	12,286	8,832	2,875	-0,812	2,627
set/07	25,42	6,43	-3,54	11,340	16,137	11,444	3,769	-1,075	3,602
out/07	22,87	6,15	-3,85	10,650	15,178	10,541	3,491	-1,077	3,544
nov/07	17,36	7,68	-3,40	9,790	13,779	11,182	3,607	-0,429	2,156
dez/07	43,42	4,08	-18,84	18,055	27,402	6,928	2,409	-6,909	13,506
jan/08	17,10	6,81	-3,91	9,386	13,280	10,131	3,304	-0,628	2,509
fev/08	16,91	10,30	-3,01	10,548	14,731	13,277	4,165	-0,080	1,365
mar/08	17,97	6,52	-3,98	9,540	13,530	10,000	3,281	-0,746	2,771
abr/08	15,70	7,86	-3,67	9,282	13,051	10,797	3,460	-0,352	1,890
mai/08	17,75	6,33	-4,22	9,415	13,377	9,688	3,187	-0,809	2,865
jun/08	16,88	6,53	-4,21	9,223	13,081	9,712	3,179	-0,713	2,641
jul/08	17,47	7,13	-3,64	9,614	13,573	10,610	3,448	-0,553	2,397
ago/08	18,97	6,85	-3,59	9,950	14,077	10,694	3,496	-0,674	2,695
set/08	16,01	6,26	-4,85	8,887	12,647	9,101	2,980	-0,809	2,723
out/08	16,03	5,70	-6,61	8,845	12,723	8,188	2,686	-1,210	3,309
nov/08	19,40	5,94	-4,42	9,738	13,898	9,503	3,155	-1,037	3,341
dez/08	19,80	5,02	-7,87	9,965	14,523	7,751	2,602	-1,967	4,782
jan/09	24,47	4,61	-9,62	11,428	16,860	7,466	2,545	-2,889	6,474
fev/09	15,87	8,19	-3,52	9,453	13,274	11,163	3,566	-0,301	1,800
mar/09	15,69	7,51	-3,82	9,163	12,908	10,453	3,364	-0,421	2,022
abr/09	17,14	8,75	-3,15	10,114	14,177	12,136	3,865	-0,251	1,779
mai/09	20,71	15,38	-2,55	13,647	18,989	18,192	5,570	0,132	0,921
jun/09	24,04	15,48	-2,29	15,093	21,018	19,882	6,104	0,070	1,198
jul/09	26,13	9,09	-2,51	12,970	18,218	15,222	4,850	-0,476	2,509
ago/09	23,54	8,81	-2,63	12,139	17,048	14,220	4,544	-0,435	2,381
set/09	32,34	13,85	-2,01	17,243	24,084	21,947	6,787	-0,179	1,948
out/09	21,33	10,55	-2,53	12,271	17,154	15,214	4,790	-0,170	1,760
nov/09	26,06	11,50	-2,25	14,209	19,865	17,702	5,542	-0,209	1,944
dez/09	26,63	8,18	-2,71	12,571	17,715	14,210	4,568	-0,646	2,846
jan/10	18,23	10,24	-2,82	11,043	15,430	13,775	4,335	-0,118	1,527
fev/10	25,54	11,56	-2,27	14,081	19,681	17,584	5,503	-0,191	1,896
mar/10	20,30	10,67	-2,59	11,961	16,712	14,926	4,692	-0,133	1,643
média	14,91	6,34	-5,35	8,565	12,195	8,846	2,872	-0,783	2,551

## APÊNDICE I – Arcabouço usado para classificação dos níveis de capacitação para a inovação.

Elaborado por Figueiredo (2010).

Níveis	Exemplos ilustrativos
Liderança global	<p>Desenvolvimento de modelos com variáveis eco-fisiológicas. Produção de sementes através da avaliação de clones, seleção e melhoria. Desenvolvimento de projetos e programas para melhoramento de espécies, condições do solo e aplicações biotecnológicas.</p> <p>Sistema estratégico de gestão por métricas de desempenho com suporte de TI (simulação de processos, SAP, sistema de supervisão). Sistema de propriedade intelectual. Desenvolvimento de novos processos de produção ou de fases de processos (por exemplo, branqueamento; lixiviação de cinzas), baseado em P &amp; D e engenharia. Geração e aplicação de modelos matemáticos para suporte de atividades de manutenção.</p> <p>Desenvolvimento de polpas alternativas, personalizadas para o fabricante de papel, com base em P &amp; D (integração da floresta até a produção de papel).</p>
Avançado	<p>Desenvolvimento de processos e recursos alternativos para produção de mudas clonais e proteção da biodiversidade relacionada ao ecossistema florestal. Desenvolvimento de processos e recursos para a avaliação e gestão do impacto das operações sobre as propriedades do solo. Desenvolvimento de projetos de monitoramento e avaliação de impacto da operação florestal.</p> <p>Desenvolvimento e melhoria de equipamentos mecânicos em parceria com produtores de equipamentos e empresas de engenharia e sistemas. Suporte simultâneo a clientes-chave dentro de um segmento de diferenciação.</p> <p>Gestão de projetos para novos produtos e processo de criação e implementação de novos equipamentos, em parceria com clientes, fornecedores e organização de P &amp; D.</p>
Intermediário	<p>Desenvolvimento dos recursos para a instalação, atendimento e recuperação florestal, e de processos e recursos alternativos para o controle de doenças e pragas. Projeto e recuperação de áreas de preservação permanente degradadas.</p> <p>Melhoria das características do produto e de padronização pela introdução contínua de sistemas de automação de processos.</p> <p>Introdução e melhoria dos processos de branqueamento de celulose com similares aos livres de cloro elementar.</p> <p>Implementação de recomendações técnicas e de gestão para adaptar o processo às características de novos produtos, através de sistemas de controles que minimizem os problemas na produção de celulose e papel.</p>
Básico	<p>Avaliação da qualidade das mudas. Monitoramento e execução de processos de preservação de solos e recursos hídricos. Planejamento e manutenção da estrada de ferro, rodoviário e infra-estrutura aquaviária. Tratamento e controle de efluentes em áreas de produção florestal.</p> <p>Implementação do processo geral de certificação da cadeia de custódia para garantia de uso de madeira proveniente de processos sustentáveis.</p> <p>Identificação, planejamento e controle de trocas de equipamento, de acordo com plano de manutenção preventiva feita por empresas especializadas (por exemplo, o fornecedor do equipamento).</p> <p>Melhoria das características do produto e padronização pela introdução gradual de sistemas de automação de processos. Produção de celulose celulose especial para ou customizada.</p>