



LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PRODUTOS
FLORESTAIS EM CONDIÇÕES DE RISCO E
INCERTEZA**

**LAVRAS – MG
2010**

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PRODUTOS FLORESTAIS EM
CONDIÇÕES DE RISCO E INCERTEZA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador
Ph.D. José Luiz Pereira de Rezende

LAVRAS - MG

2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Coelho Junior, Luiz Moreira

Análise econômica de produtos florestais em condições de risco e incerteza / Luiz Moreira Coelho Junior. – Lavras : UFLA, 2010.
206 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: José Luiz Pereira de Rezende.

Bibliografia.

1. Economia florestal. 2. Concentração industrial. 3. Análise de sobrevivência. 4. Análise de investimento em condições de risco. 5. Redes neurais artificiais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.9

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

**ANÁLISE ECONÔMICA DE PRODUTOS FLORESTAIS EM
CONDIÇÕES DE RISCO E INCERTEZA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 16 de julho de 2010.

Prof. DSc. Antônio Donizette de Oliveira	UFLA
Prof. DSc. Álvaro Nogueira de Souza	UnB
Prof. DSc. José Franklim Chichorro	UFES
Prof. DSc. Márcio Lopes da Silva	UFV

Prof. Ph.D. José Luiz Pereira de Rezende
Orientador

**LAVRAS – MG
2010**

Que os ventos do norte mostrem sempre o caminho
da imensurabilidade do saber e da grandiosidade da vida.

OFEREÇO

Àqueles que amo nessa vida!

Ao meu pai Luiz (*In memoriam*)

A minha mãe Dulcimar

As minhas filhas Julia e Luiza

A Helena

Ontem, hoje e sempre a vocês.

DEDICO!!

AGRADECIMENTOS

A meus familiares, pela força e auxílio nos momentos de incerteza.

À Universidade Federal de Lavras, pelo conhecimento adquirido.

Ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade. À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao orientador José Luiz Pereira de Rezende, pela paciência, amizade, carisma e incentivo ao estudo da economia florestal.

Aos co-orientadores Antônio Donizette de Oliveira e Natalino Calegário pela colaboração e auxílio no desenvolvimento desta etapa de formação acadêmica.

Ao grande amigo Luís Antônio Coimbra Borges, companheiro de pós-graduação e, atualmente, professor do DCF/UFLA.

A todos os professores que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação acadêmica. Em especial: Aos professores da graduação Fernando C. M. Mota e Hécio F. Pinto. Aos professores de pós-graduação José Luiz P. Rezende, Antônio Donizette de Oliveira, Natalino Calegário, José Roberto S. Scolforo, Luís Marcelo T. Carvalho, Thelma Sáfadi, Mário Javier Ferrua Vivanco, Lucas Monteiro Chaves, Daniel Furtado Ferreira, Ruben Delly Veiga e Wilian Soares Lacerda pela oportunidade do conhecimento adquirido.

Aos amigos verdadeiros do passado, do presente e do futuro. Aos colegas do Departamento de Ciências Florestais. Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram e que acreditaram em mim.

“Uma coisa aprendi na minha longa vida: de que toda nossa ciência, contraposta à realidade, é primitiva e infantil – e, não obstante, é a coisa mais preciosa que temos.”

Albert Einstein

Então ...

“A verdadeira dificuldade está não em aceitar novas idéias, mas em livrar-se das idéias antigas.”

John Maynard Keynes

Com isso ...

“Você aprende que realmente pode suportar, (...) que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”

William Shakespeare

RESUMO

Desde o início da civilização, as florestas são utilizadas para satisfazer o bem-estar e o progresso da humanidade. Ao longo dos séculos, na região das florestas tropicais, os Incas, os Astecas, os Maias e outros indígenas mantiveram uma estreita relação com as florestas e a natureza e descobriram inúmeros bens e serviços que a floresta poderia oferecer. Nas últimas décadas, a atividade florestal brasileira experimentou extraordinária evolução, principalmente no que se refere às florestas plantadas. Espera-se que a madeira oriunda de florestas plantadas substitua aquela proveniente de matas nativas. Esta previsão se torna realista quando se considera o desenvolvimento das tecnologias desenvolvidas na implantação, na silvicultura, no manejo, no melhoramento, etc. As indústrias no setor florestal apresentam estruturas de mercado imperfeito, que associado às perdas relativas aos fenômenos da natureza, faz com que a atividade florestal seja sujeita a riscos e incertezas. Os objetivos desta tese foram avaliar a produção de alguns produtos florestais em condições de risco. Mais especificamente, foram: avaliar a concentração do comércio internacional do agregado de produtos florestais e a concentração da produção brasileira de celulose, analisar a sobrevivência de um país exportar celulose, analisar um portfólio com ações das empresas florestais credenciadas na Bovespa e aprimorar as técnicas de previsão para os preços do carvão vegetal em Minas Gerais. Os principais resultados encontrados foram: a representação brasileira no agregado das exportações mundiais de produtos florestais é crescente ao longo do tempo; em ordem decrescente, a concentração das exportações de produtos florestais é celulose, madeira serrada, papel e papelão, madeira base para painéis, madeira para fins industriais e energia; segundo a classificação de Bain, a razão de concentração dos quatro e oito maiores exportadores de produtos florestais é moderadamente baixa; a abordagem de análise de sobrevivência tem grande potencial de aplicação em estudos econômicos, contribuindo para a geração de informações probabilísticas. Os resultados medidos por qualquer dos índices usados mostram que a indústria de celulose brasileira é altamente concentrada, o que permite supor que existe baixo grau de concorrência da indústria brasileira de celulose. O portfólio florestal apresentou boas expectativas de investimento em comparação ao índice Bovespa. Comparativamente às metodologias para previsão de preços de carvão vegetal em Minas Gerais utilizadas em outros estudos, a previsão usando a Redes Neurais Artificiais se mostrou mais precisa.

Palavras-chave: Economia florestal. Concentração industrial. Análise de sobrevivência. Análise de investimento em condições de risco. Redes neurais artificiais.

ABSTRACT

Since the beginning of civilization, forests are used to meet the welfare and progress of mankind. Over the centuries, in the region of tropical forests, the Incas, Aztecs, Mayans and other Indians have maintained a close relationship with forests and nature and found numerous goods and services that the forest could offer. The market of forest products is complex and dynamic both in the productive aspect and in its geographical dimension. In recent decades, forestry in Brazil has experienced impressive development, especially in relation to planted forests. It is expected that wood from planted forests replace that from native forests. This prediction becomes realistic if one considers the development of technologies that is going on in forest plantation, forest-based management, forest management, etc... The industries in the forestry sector have imperfect market structures which associated with losses related to the phenomena of nature makes the forestry activity subject to risks and uncertainties. The objective of this thesis was to assess the concentration of international trade in forest products aggregate and of production of wood pulp, analyze the survival of a country to export pulp, analyze a portfolio with stock of forestry companies accredited in the Bovespa and improve the techniques; forecasting the price of charcoal in Minas Gerais. The main findings were: Canada is the world's leading exporter of forest products, the Brazilian delegation in the aggregate world exports of forest products is increasing over time, in descending order, the concentration of exports of forest products and pulp, lumber, paper and cardboard, wood base panels, and wood for industrial energy, according to the classification of Bain, the concentration ratio of the four and eight largest exporters of forest products is moderately low; survival analysis approach presents great potential application in economic studies, contributing to the generation of probabilistic information. The results measured by any of the indexes used show that the Brazilian pulp industry is highly concentrated, which suggests that there is low degree of competition in the Brazilian pulp industry. The portfolio had good expectations for forestry investment in comparison to the Bovespa index. Compared to methods for forecasting charcoal prices in Minas Gerais used in other studies, the prediction using neural networks was more accurate.

Keywords: Forest economics. Industrial concentration. Survival analysis, Risky investment analysis. Artificial neural network.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE	17
Figura 1 Cadeia produtiva do setor florestal	29
Figura 2 Comportamento dos preços reais do carvão vegetal e do petróleo, no período de 1975 a 2002 (CPI base 1982/84=100)	37
Figura 3 Evolução da produção (t) brasileira de celulose em toneladas (1998 - 2007)	42
Figura 4 Principais produtores de celulose de eucalipto – 1995 - 2005 (1.000 toneladas)	46
Figura 5 Evolução do Consumo Aparente de Celulose (1990 - 2008)	48
Figura 6 Evolução da balança comercial brasileira de celulose (1990 - 2008)	50
Figura 7 Evolução histórica do valor das exportações de móveis no Brasil (US\$1.000) (1998 a 2006)	59
Figura 8 Grupos de risco	66
Figura 9 Funções de seno e cosseno	75
Figura 10 Efeito cíclico, sazonal, irregular e tendência sobre os preços ao longo do tempo	77
Figura 11 Computação neural	82
ARTIGO 1 Concentração de mercado das exportações de produtos florestais	104
Figura 1 Desenvolvimento da razão de concentração dos países maiores exportadores de produtos florestais (1961 - 2008)	118
Figura 2 Índices HH, limite inferior do HH, HH'' dos países exportadores de produtos florestais (1961 - 2008)	120
Figura 3 O desenvolvimento do coeficiente de Gini nas exportações mundiais de produtos florestais (GXFlor) e a curva de simetria (CSimetr), ao longo do tempo (1961 - 2008)	124
ARTIGO 2 Análise da concentração da indústria brasileira de celulose (1998 – 2007)	128

Figura 1	Evolução da concentração das quatro e das oito maiores empresas de celulose	137
ARTIGO 3 Estudo do tempo para um país exportar celulose		147
Figura 1	Tempo gasto para um país exportar celulose, no período de 1961 a 2008	156
Figura 2	Logaritmo da função risco acumulado versus tempo para as covariáveis V03, V06, V07 V09 e V06*V07	161
Figura 3	Resíduos padronizados de Schoenfeld <i>versus</i> os tempos para as covariáveis V03, V06, V07, V09 e V06*V07	162
ARTIGO 4 Análise comparativa de um portfólio florestal em relação ao mercado acionário brasileiro		167
Figura 1	Desempenho do portfólio florestal e do Ibovespa, no período de 2003 a 2007	180
Figura 2	Histograma do Ibovespa e a comparação dos ajustes das distribuições de probabilidade teórica, para em 2012	183
Figura 3	Histograma do portfólio florestal e a comparação dos ajustes das distribuições de probabilidade teórica, para em 2012	183
ARTIGO 5 Uso de redes neurais artificiais para a prognose dos preços do carvão vegetal em Minas Gerais (1975 - 2007)		187
Figura 1	Neurônio artificial	193
Figura 2	Rede <i>feedforward</i> de Múltiplas Camadas (<i>Multilayer Perceptron - MLP</i>)	195
Figura 3	Rotina de processamento de rede neural artificial	197
Figura 4	Preço real do carvão vegetal, no período de 1975 a 2007 (PCI base dez/2005 = 100)	199
Figura 5	Ciclos de treinamento da RNA (13 – 5 – 3 – 1)	201
Figura 6	Previsão da RNA (13 – 5 – 3 – 1) para o ano de 2007	202

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE	17
Tabela 1 Participação das commodities florestais no PIB, por regiões geográficas (1990 - 2006)	30
Tabela 2 Progresso tecnológico das florestas plantadas para produção de carvão vegetal (1970 – 2008)	38
Tabela 3 Evolução do consumo de carvão vegetal no Brasil (1000 m ³) (1980 – 2008)	39
Tabela 4 Evolução histórica da produção brasileira de celulose por tipo de fibra (1998 – 2008)	45
Tabela 5 Participação em percentual dos maiores compradores de celulose brasileira (1998 – 2007)	52
Tabela 6 Evolução da produção e exportação mundial de MDF (1995, 2000 e 2006)	56
Tabela 7 Série histórica das exportações brasileiras de PMVA (unidades) (1998 – 2008)	57
Tabela 8 Principais Exportadores de Móveis no Brasil, em 2006	61
Tabela 9 Terminologias utilizadas para modelos estatísticos e redes neurais	86
ARTIGO 1 Concentração de mercado das exportações de produtos florestais	104
Tabela 1 Classificação do grau de concentração dos maiores países exportadores	110
Tabela 2 Evolução do ranking dos países exportadores de produtos florestais (1961-2008)	115
Tabela 3 Ranking dos países maiores exportadores das principais commodities de produtos florestais, em 2008 (Milhões de US\$)	116
Tabela 4 Índice de <i>Entropia</i> (<i>E</i>), limite superior de <i>E</i> , índice de <i>Entropia</i> ajustado (<i>E'</i>), número de países (1961 – 2008)	121
ARTIGO 2 Análise da concentração da indústria brasileira de celulose (1998 – 2007)	128
Tabela 1 Índice <i>HHI</i> , limite inferior do <i>HHI</i> , índice ajustado <i>HHI'</i> e número de empresas	141
Tabela 2 Índice de <i>Entropia</i> (<i>E</i>), limite superior de <i>E</i> , índice de <i>Entropia</i>	142

	ajustado (E'), número de empresa	
Tabela 3	Coefficiente de <i>Gini</i> (G) e número de empresas	144
ARTIGO 3	Estudo do tempo para um país exportar celulose	147
Tabela 1	Variáveis envolvidas no estudo	152
Tabela 2	Seleção de covariáveis usando o modelo de regressão de Cox	157
Tabela 3	Testes da proporcionalidade dos riscos no modelo Cox ajustado para as covariáveis $V03, V06, V07, V09$ e $V06*V07$	163
Tabela 4	Testes da proporcionalidade dos riscos no modelo Cox ajustado para as covariáveis $V06, V07$ e $V06*V07$	163
Tabela 5	Resultados do ajuste do modelo de Cox e razões de risco (RR) correspondentes	163
ARTIGO 4	Análise comparativa de um portfólio florestal em relação ao mercado acionário brasileiro	167
Tabela 1	Empresas de base florestal credenciadas na BOVESPA	173
Tabela 2	Evolução dos preços (R\$) das ações das empresas florestais na Bovespa, de 2003 a 2007	174
Tabela 3	Variação anual (%) dos preços (R\$) das ações das empresas florestais na Bovespa, de 2003 a 2007	176
Tabela 4	Rendimento das ações das empresas no portfólio florestal (2003 – 2007)	178
Tabela 5	Estatística descritiva da rentabilidade do portfólio florestal e do Ibovespa em 2012	181
Tabela 6	Análise de cenários do portfólio florestal em relação às variáveis de entradas	184
ARTIGO 5	Uso de redes neurais artificiais para a prognose dos preços do carvão vegetal em Minas Gerais (1975 - 2007)	187
Tabela 1	Arquitetura das Redes Neurais testadas e seus erros quadráticos médios de previsão (EQMP)	200
Tabela 2	Trabalhos desenvolvidos para previsão de preços de carvão vegetal em Minas Gerais	203

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	17
1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo geral	22
2.2	Objetivos específicos	22
3	REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1	Economia industrial	23
3.1.1	Estruturas de mercado	26
3.1.2	Concentração industrial	26
3.2	Economia florestal	28
3.2.1	Cenário florestal internacional	28
3.2.2	Setor florestal brasileiro	31
3.2.2.1	Energia	34
3.2.2.2	Celulose	29
3.2.2.3	Chapas e painéis	53
3.2.2.4	Painéis reconstituídos	54
3.2.2.5	Produtos de Maior Valor Agregado – PMVA	56
3.2.2.6	Móveis	58
3.3	Risco e Incerteza	61
3.3.1	Incerteza	62
3.3.2	Risco	64
3.3.2.1	Risco de mercado	65
3.3.2.2	Risco operacional	68
3.3.2.3	Risco tecnológico	69
3.3.2.4	Risco Político	70
3.3.2.5	Risco legal	71
3.4	Análise de sobrevivência	72
3.5	Análise das Séries Temporais	74
3.5.1	Modelos de Decomposição	76
3.5.2	Família ARIMA	78
3.5.3	Família ARCH	79
3.6	Redes Neurais artificiais	82
3.6.1	Principais propriedades das redes neurais artificiais	83
3.6.2	Aplicações das redes neurais artificiais	84

3.6.3	Redes neurais e estatística	85
3.7	Mercado de capitais	86
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
	REFERÊNCIAS	90
	 SEGUNDA PARTE *	 103
	 ARTIGO 1 Concentração de mercado das exportações de produtos florestais	 104
1	INTRODUÇÃO	106
2	MATERIAL E MÉTODOS	108
2.1	Dados utilizados	108
2.2	O Mercado internacional dos produtos florestais	108
2.3	Medidas de concentração e de desigualdade	109
2.3.1	Razão de concentração (CR)	109
2.3.2	Índice de Herfindahl – Hirschman (HHI)	110
2.3.3	Índice de Entropia de Theil (E)	111
2.3.4	Coefficiente de Gini (G)	112
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	113
3.1	O mercado internacional dos produtos florestais	113
3.2	Medidas de concentração e de desigualdade	118
3.2.1	Razão da concentração das exportações florestais	118
3.2.2	Concentração segundo os índices HHI e HHI	119
3.2.3	Concentração segundo o Índice de Entropia de Theil	121
3.2.4	Desigualdade das exportações de produtos florestais segundo o coeficiente de Gini	123
4	CONCLUSÕES	124
	REFERÊNCIAS	125
	 ARTIGO 2 Análise da concentração da indústria brasileira de celulose (1998 – 2007)	 128
1	INTRODUÇÃO	130
2	MATERIAL E MÉTODOS	131
2.1	Dados utilizados	131
2.2	Medidas de concentração e de desigualdade	131
2.2.1	Razão de concentração (CR)	132

2.2.2	Índice de Herfindahl – Hirschman (HHI)	133
2.2.3	Índice de Entropia de Theil (E)	134
2.2.4	Coefficiente de Gini (G)	135
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
3.1	Caracterização da indústria brasileira de celulose	135
3.2	Concentração da indústria brasileira de celulose	136
3.2.1	Razão de concentração das quatro e das oito maiores empresas	137
3.2.2	Concentração segundo os índices HHI e HHI'	140
3.2.3	Concentração segundo o Índice de Entropia de Theil	142
3.2.4	Desigualdade da indústria segundo o coeficiente de Gini	143
4	CONCLUSÕES	144
	REFERÊNCIAS	145
	 ARTIGO 3 Estudo do tempo para um país exportar celulose .	147
1	INTRODUÇÃO	149
2	MATERIAL E MÉTODOS	151
2.1	Dados utilizados	151
2.2	Modelo de regressão de Cox	152
2.2.1	Estratégias para seleção de covariáveis	153
2.2.2	Adequação do modelo de Cox	155
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	155
4	CONCLUSÕES	164
	REFERÊNCIAS	165
	 ARTIGO 4 Análise comparativa de um portfólio florestal em relação ao mercado acionário brasileiro	167
1	INTRODUÇÃO	169
2	MATERIAL E MÉTODOS	171
2.1	Formação do portfólio do setor florestal	172
2.2	Identificação dos riscos e das incertezas	175
2.3	Identificação das variáveis de análise	176
2.4	Simulação e Análise dos Modelos	177
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	177
3.1	O portfólio florestal	177
3.2	Análise de risco do investimento no portfólio florestal	180
4	CONCLUSÕES	184

	REFERÊNCIAS	185
	ARTIGO 5 Uso de redes neurais artificiais para a prognose dos preços do carvão vegetal em Minas Gerais	187
1	INTRODUÇÃO	189
2	MATERIAL E MÉTODOS	192
2.1	Base e tratamento dos dados	192
2.2	Redes Neurais Artificiais	192
2.2.1	Arquitetura de uma rede neural	195
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	198
4	CONCLUSÕES	203
	REFERÊNCIAS	204

* Sem identificação de periódico com as normas da NBR 6022.

PRIMEIRA PARTE

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, as florestas são utilizadas para satisfazer o bem-estar e o progresso da humanidade. Na região das florestas tropicais, diversas civilizações mantiveram esta estreita relação com as florestas e a natureza, dentre elas: os Incas, os Astecas, os Maias e outros indígenas, que descobriram inúmeros bens e serviços que a floresta poderia oferecer. Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar os recursos florestais disponíveis na natureza como fonte de insumos, tais como alimentos, remédios, forragem, fertilizantes, energia, fibra, resina, goma, construção civil, entre muitos outros (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2002).

As florestas geram, do ponto de vista econômico, produtos de consumo direto e indireto, impostos, emprego e renda para a sociedade e, do ponto de vista ambiental, atuam na conservação e preservação dos recursos naturais. O setor florestal, assim como os demais, produz tanto bens comercializáveis quanto bens não comercializáveis, tais como: madeira, biodiversidade, captura de CO₂, produção de água, proteção do solo, proteção da fauna e da flora, conservação do solo, controle de cheias, regularização da vazão, efeitos na precipitação, ecoturismo, paisagismo, recreação e lazer, plantas medicinais, essências aromáticas, materiais para artesanato etc. Muitas vezes estes bens e serviços florestais são bens públicos ou externalidades (REZENDE; OLIVEIRA, 2001).

O mercado mundial de produtos florestais é complexo e dinâmico tanto no aspecto produtivo quanto na dimensão geográfica. Quanto ao aspecto produtivo, verifica-se se os consumidores podem substituir o produto sob análise por outros, caso houvesse um incremento no preço desse produto, provocado, por exemplo, por um aumento no poder de mercado do produtor em decorrência

da maior concentração no referido mercado. Quanto à dimensão geográfica, analisa as possibilidades de os consumidores, em resposta a um aumento no preço relativo do produto relevante, substituírem nas suas aquisições os vendedores localizados em um dado território por outros situados em regiões distintas. A dimensão geográfica pode ser, portanto, municipal, regional, nacional e internacional (POSSAS et al., 2002).

Os bens florestais comercializáveis são definidos em dois tipos, que são os produtos não-madeireiros e produtos madeireiros. Os produtos madeireiros são recursos que se inserem, principalmente, nas indústrias siderúrgicas (energia), construção civil, celulose e papel, produtos sólidos e móveis. Os produtos florestais não madeireiros servem para fins medicinais, alimentícios, corantes, energéticos e industriais (gomas e resinas), aromáticos, artesanais e ornamentais (ZAMORA, 2001).

O mundo como um todo incentivou e incentiva a produção florestal, principalmente, aquela advinda de florestas plantadas. No Brasil, a década de 60 foi ponto de partida da economia florestal, em toda sua dimensão. Foram estes anos que levariam ao reordenamento da política florestal, momento em que a economia brasileira, advento dos Grandes Projetos, avançava em seu processo de industrialização pesada (COELHO JUNIOR, 2004).

A atividade florestal brasileira experimentou extraordinária evolução nas últimas décadas a partir de novas técnicas de formação, condução e exploração [colheita, extração (baldeio) e transporte], principalmente, em florestas plantadas. Em 2006, da área total do território nacional, 66% eram cobertos por florestas naturais, 0,63% por florestas plantadas e os 33,37% restante, por outros usos como agricultura, pecuária, áreas urbanas e infra-estrutura (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

A madeira proveniente de florestas plantadas deve substituir a madeira oriunda de matas nativas, por meio das tecnologias desenvolvidas na

implantação, na silvicultura, manejo, melhoramento, etc. A melhor localização e a redução do custo de produção têm feito com que os preços da matéria prima florestal advinda de floresta plantada fiquem cada vez mais baixos, proporcionando-lhe vantagens competitivas em relação às florestas nativas que a longo prazo se voltarão mais ao fornecimento de bens e serviços ambientais. Porém, toda atividade produtiva apresenta riscos, seja de forma endógena e, ou exógena.

As indústrias de base com florestas plantadas apresentam estruturas de mercado imperfeito com barreiras de entradas naturais e produção em escala. A globalização econômica trouxe maior preocupação com relação a risco e incerteza, pois a integração internacional fez com que as atividades produtivas e as estratégias se tornassem dinâmicas, envolvendo também questões políticas, econômicas e sociais. Assim, considerar esses processos nas análises dos investimentos é imprescindível para o sucesso do empreendimento florestal (COELHO JUNIOR et al., 2008).

Os estudos de investimentos em projetos de qualquer natureza, normalmente, pressupõem a existência de riscos e incertezas, que estão associados às perdas causadas pelos fenômenos da natureza, variação de preços dos fatores de produção (econômico), fatores monetários (financeiro); tecnológicos, administrativos e legais (BERNSTEIN, 1997; SECURATO, 1996).

A produção florestal se caracteriza por características de investimentos de médio a longo prazo, que envolvem um alto capital imobilizado na implantação do projeto. Dentre as variáveis envolvidas nas análises de investimentos florestais destacam-se: taxa de juros, preço da terra, preço da madeira, custo de colheita, custo de transporte e custo de implantação, etc.

As análises de investimentos tradicionais usam ferramentas determinísticas para a tomada de decisão. As principais são: Valor Presente

Liquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) (GITMAN, 2001; REZENDE; OLIVEIRA, 2008). A principal deficiência destes métodos é que as variáveis envolvidas são determinadas de forma estática sem que os riscos e incertezas, que estão sempre presentes, sejam incluídos e analisados, ignorando possíveis acontecimentos ou externalidades que possam alterar o cenário no qual estão inseridos (DIXIT; PINDICK, 1994).

Freqüentemente, as análises de projetos apresentam comportamentos incompatíveis com a formulação e a previsão como mudanças repentinas, variância (condicional) que evolui no tempo (volatilidade) e irreversibilidade do tempo e do capital (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Para entender estas dimensões no setor florestal, foram reunidas algumas técnicas para avaliar os riscos e as incertezas envolvidas no mercado de produtos florestais. Para mensurá-los é necessário levantar informações por meio de diversas abordagens de tomada de decisão, para se ter melhor entendimento do setor em si.

A tese será desenvolvida em duas partes. A primeira parte consiste em uma revisão bibliográfica a respeito do setor florestal, no mercado internacional e em nível doméstico e dos principais produtos florestais; teorias a respeito da organização industrial, conceitos e características do risco e incerteza, séries temporais, análise de sobrevivência, redes neurais artificiais e mercado de capitais.

A segunda parte foi desenvolvida em cinco artigos. O primeiro artigo avalia a estrutura do mercado internacional de produtos florestais, em seu agregado, ao longo do tempo. Verifica a composição, no ranking mundial do agregado de produtos florestais, dos principais países exportadores, e analisa o grau de concentração.

O segundo artigo demonstra o grau de concentração da indústria brasileira de celulose no período de 1998 a 2007, usando os principais índices e os indicadores de desempenho do setor.

O terceiro artigo analisa o tempo de vida que um país tem para exportar celulose, no período de 1961 a 2008. Foram verificadas as influências naturais, econômicas e comerciais de acordo com sua localização geográfica, grupos e blocos econômicos, superfície e os principais indicadores macroeconômicos que possam explicar como estão inseridos os países exportadores de celulose.

O quarto artigo analisa uma carteira de empresas florestais sobre os princípios básicos de avaliação de investimentos em situação de risco e estratégias de duas empresas florestais.

O quinto artigo realiza a prognose dos preços de carvão vegetal em Minas Gerais, em que são construídos modelos, partindo de processos de reconhecimento de padrões via inteligência artificial, com as Redes Neurais Artificiais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a produção de alguns produtos florestais em condições de risco.

2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar o mercado mundial de produtos florestais e seu grau de concentração (1961 - 2008), enfatizando o desempenho do Brasil;
- b) Caracterizar a indústria brasileira de celulose e analisar seu grau de concentração (1998 – 2007);

- c) Avaliar o tempo de vida de um país exportar celulose para o mercado internacional (1961 - 2008);
- d) Analisar um portfólio florestal e estabelecer estratégias de investimento neste setor (2003 - 2012);
- e) Fazer a prognose dos preços do carvão vegetal usando as RNA's (1975 -2007).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O Referencial Teórico está estruturado em temas que descrevem a economia industrial florestal. Apresenta um breve histórico dos preceitos da economia industrial e a estrutura de mercado dos principais produtos florestais no cenário internacional e doméstico; mostra conceitos e definições de risco e incerteza e suas aplicações no setor florestal; discute a respeito da análise de sobrevivência, séries temporais e redes neurais artificiais; descreve o mercado de capitais.

3.1 Economia industrial

A teoria econômica teve contribuições importantes de Coase (1937), Hall e Hitch (1939) e Mason (1939) para explicar o comportamento das empresas em estruturas de mercado de concorrência imperfeita. Hall e Hitch (1939) afirmaram que, em situações reais, os produtores em oligopólio, os níveis de preços seriam determinados pela Teoria do Custo Total, na qual o equilíbrio seria alcançado por meio de uma curva de demanda quebrada.

Mason (1939) lançou as bases do Paradigma Estrutura, Conduta e Desempenho (ECD)¹, mais tarde retomado por Bain (1959), que introduziu a idéia de firma ativa que tinha liberdade de escolher os preços de seus produtos. Coase (1937) identificou que transações entre agentes econômicos não podiam ser negligenciadas, o que foi essencial para o estudo de regulamentação dos mercados, com os custos atuando como restrições econômicas.

Bain (1959) buscou na estrutura de mercado suas principais explicações para o desenvolvimento econômico, que define como devem ser consideradas as condições de entrada de concorrentes em determinados mercados. De acordo com Azevedo (1998) existem três tipos de barreiras à entrada: diferenciação de produtos, vantagem absoluta de custos e economias de escala.

Uma das características marcantes da indústria florestal são as barreiras à entrada de novas firmas. Pindyck e Rubinfeld (2006) definem que as barreiras à entrada podem ser barreiras naturais, dada a especificidade de cada indústria. Mesmo o desencorajamento à entrada de novos concorrentes no setor, por meio de diversas políticas anti-competitivas, funciona como barreiras à entrada. Nesta tese, o enfoque será dado às barreiras naturais à entrada, uma vez que estas são características essenciais da estrutura industrial que se pretende mostrar.

As economias de escala funcionam como importantes barreiras à entrada no setor de celulose. Estas economias permitem aos maiores produtores uma redução de custos ao se produzir e, conseqüentemente, oferecer o produto produzido a um preço mais competitivo. O determinante fundamental para o surgimento de economias de escala é a especialização do trabalho, que permite uma produção mais elevada (SCHERER, 1970).

Os ganhos de escala ocorrem a partir da redução do investimento necessário por unidade de capacidade produtiva. O custo de produção se eleva

¹ Este modelo estabelece uma relação causal entre a estrutura - condições básica de oferta e demanda, conduta - estratégias da firma - e desempenho - resultados obtidos.

menos que proporcionalmente ao volume, devido a equipamentos de alta produtividade e especialização da mão-de-obra, esta alocada na operacionalização produtiva com tais equipamentos.

Os custos com transporte podem atenuar os ganhos em escala. Scherer (1970) afirma que os custos com transporte tendem a se elevar à medida que a produção se eleva, uma vez que torna-se necessário a busca de novos mercados consumidores. Estes custos podem, no entanto, ser reduzidos com a criação de uma infra-estrutura para o escoamento da produção.

Labini (1980) considerou insuficiente o modelo proposto por Hall e Hitch (1939), uma vez que a Teoria do Custo Total não conseguiu explicar porque o preço foi determinado exatamente naquele nível. Desta forma, a hipótese de demanda quebrada pode ser aplicada apenas ao produtor individual, mas não à indústria como um todo.

Possas (1999), por meio do trabalho de Hall e Hitch (1939), reconheceu a insuficiência da abordagem neoclássica e a importância da adoção de estruturas de mercado como forma de possibilitar uma reconstrução teórica que permita um novo delineamento da Teoria do Oligopólio. O autor sugeriu que ao modelo predominante na literatura econômica industrial, ECD, sejam introduzidas certas características de modo a torná-lo mais dinâmico.

A análise deve proceder da evolução das estruturas de diferentes mercados bem como os fatores responsáveis pela transformação das mesmas. O Oligopólio é uma estrutura de mercado com a presença de barreiras à entrada, e estas, por sua vez, são decorrentes da concorrência existente em mercados oligopolizados. E são as barreiras responsáveis pela determinação da margem de lucro que se tornam o objetivo central do empresário (POSSAS, 1999).

3.1.1 Estruturas de mercado

Possas (1999) define a existência de três sentidos diversos da denominação de estrutura de mercado. O primeiro deles refere-se às características básicas do mercado: o número de concorrentes, a existência de monopólio, oligopólio ou concorrência e a existência de produtos homogêneos.

Outro sentido dado à estrutura de mercado diz respeito à concentração, à possibilidade de substituição dos produtos e às barreiras à entrada de novos concorrentes. Podem ser incluídos as estruturas de custo e o grau de integração vertical entre as empresas.

Um terceiro sentido implica em uma ênfase na evolução da estrutura, dadas as condições de concorrência. A possibilidade de transformar os lucros em investimentos, o grau de concentração da indústria e suas implicações, as mudanças concorrenciais e o desenvolvimento tecnológico fazem parte deste sentido, que é considerado por Possas (1999) como o mais dinâmico.

3.1.2 Concentração industrial

O desenvolvimento das teorias econômicas ligadas à estrutura das firmas propiciou o surgimento de um novo conceito que justificasse a estrutura de mercado que certas empresas passaram a apresentar. Inserido no contexto do paradigma estrutura, conduta e desempenho, como os estudos de Hirschman (1945), Herfindahl (1950) e Rosenbluth (1955) sobre a concentração industrial que possivelmente se verificaria nas empresas.

A concentração industrial é um dos componentes mais importantes da competição entre as empresas. Existe uma relação inversa entre concentração e concorrência. À medida que se eleva a concentração, ocorre uma redução no

grau de concorrência entre as empresas, o que amplia o poder de mercado virtual da indústria (POSSAS, 1999).

O poder de mercado se configura na participação que determinada empresa possui na produção ou vendas globais da indústria. Outras medidas de tamanho como patrimônio líquido, capacidade produtiva instalada ou número de empregados podem ser utilizadas, apesar da possibilidade de não evidenciarem o poder de mercado (KON, 1999).

Para Resende e Boff (2002) há pelo menos três motivos para que um elevado *market share* não implique necessariamente em elevado poder de mercado.

Primeiro, é preciso que existam barreiras à entrada de outras empresas, dificultando a entrada de novos concorrentes. Segundo, custos reduzidos ou produtos diferenciados podem não implicar na capacidade de controlar o preço de venda do produto. Por fim, quando se calculam medidas de concentração, ignora-se a existência de substitutos próximos comercializados em outros mercados.

Em uma indústria onde se verifica uma elevada concentração, verifica-se também uma maior desigualdade relativa ao tamanho das empresas. No entanto, uma maior desigualdade não implica necessariamente em uma maior concentração. A entrada de uma nova empresa em determinada indústria pode aumentar a desigualdade. Porém, se esta nova empresa possuir participação pequena no total produzido ou vendido, o poder de mercado das demais empresas não será afetado (RESENDE; BOFF, 2002).

Quando se trata da concentração existente na produção ou vendas na economia como um todo, observa-se o potencial poder da economia em questão. Mas, se o enfoque dado à concentração for direcionado às empresas de determinado setor, observa-se o possível poder de mercado das maiores empresas, se verificada uma concentração elevada (KON, 1999).

3.2 Economia florestal

A cadeia produtiva do setor florestal é bem complexa e dinâmica, conforme apresenta na Figura 1, o que se apresenta tanto no cenário internacional quanto no mercado doméstico.

3.2.1 Cenário florestal internacional

A Tabela 1 apresenta o crescimento bruto adicional das atividades florestais nas regiões geográficas do mundo. Segundo a FAO (2007), no mercado mundial, o setor florestal contribuiu com aproximadamente US\$468 bilhões, ou seja, 1% do produto interno bruto mundial, em 2006. Embora represente um aumento absoluto no valor de cerca de US\$44 bilhões desde 1990, a participação do setor florestal tem diminuído continuamente por causa do crescimento acelerado dos outros setores. Entre 1990 e 2006, o sub-setor de transformação de madeira teve crescimento significativo, produção de toras subiu ligeiramente e o sub-setor de celulose e papel permaneceu estável.

A Ásia e o Pacífico foram as regiões que mais cresceram devido ao sub-setor de celulose e papel. A quota da produção de madeira foi relativamente estável. A América Latina e o Caribe também tiveram um crescimento bem forte, principalmente, com a expansão na produção de toras.

Na África, a produção de madeira em tora também foi significativa. Devido ao domínio tecnológico que a América do Norte detém, o valor adicionado cresceu principalmente no setor de processamento de madeira, enquanto o setor de celulose e papel se manteve estável.

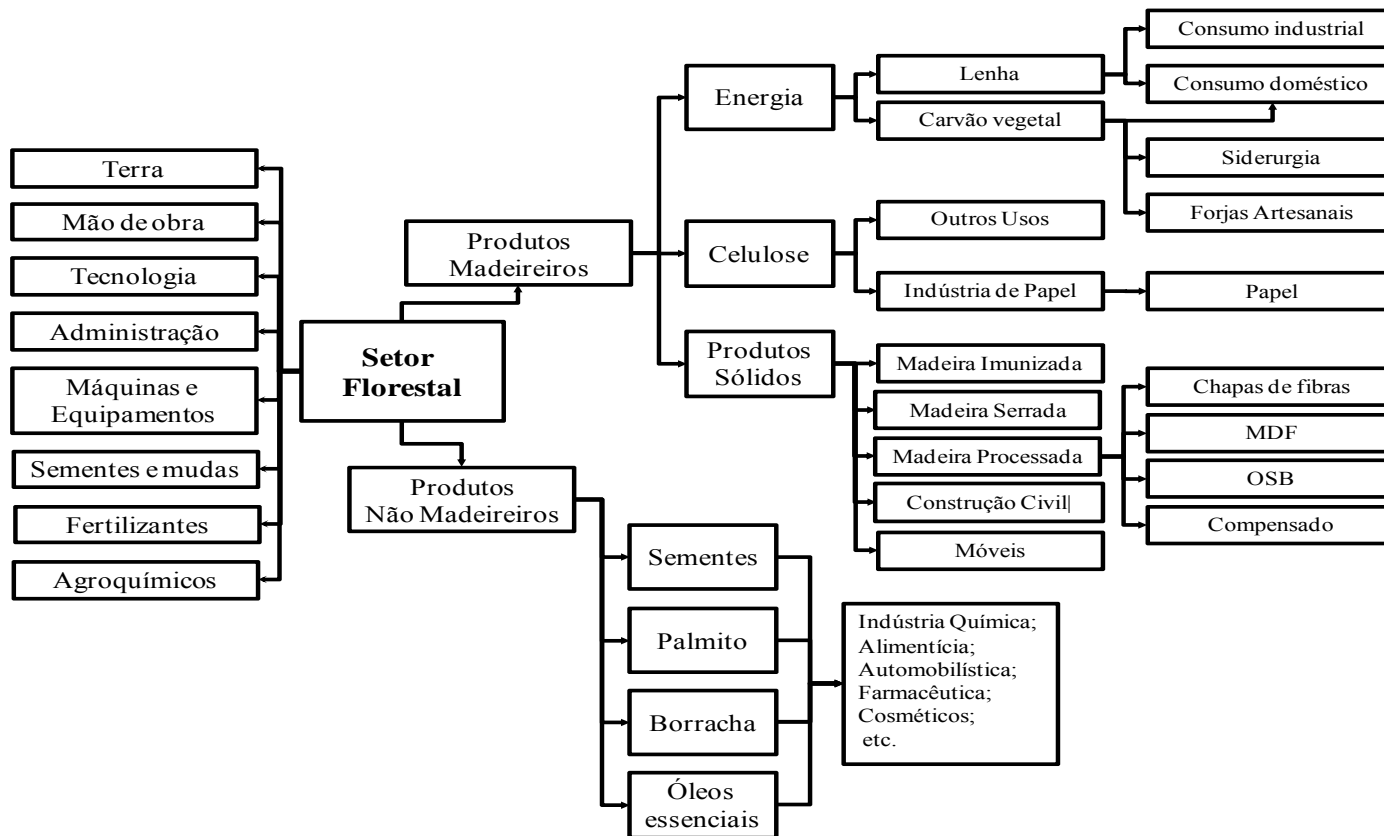


Figura 1 Cadeia produtiva do setor florestal.
 Fonte: Adaptado da Associação Brasileira dos Produtores de Floresta Plantadas - ABRAF (2009).

Tabela 1 Participação das commodities florestais no PIB, por regiões geográficas (1990 - 2006).

Região	Produção de madeira em tora (US\$ bilhões)		Madeira processada (US\$ bilhões)		Celulose e papel (US\$ Bilhões)		Total (US\$ bilhões)		Contribuição no PIB (%)	
	1990	2006	1990	2006	1990	2006	1990	2006	1990	2006
África	6	9	2	2	3	3	11	14	1,7	1,3
Ásia e o Pacífico	29	33	21	30	40	56	90	119	1,4	1
Europa	27	25	57	57	74	60	159	142	1,4	1
America Latina e Caribe	13	21	6	7	11	12	30	40	2	1,9
America do Norte	21	27	35	53	73	67	129	147	1,4	1
Oeste da Ásia e Ásia Central	2	2	1	1	2	2	5	5	0,5	0,3
Mundo	98	118	123	150	202	201	424	468	1,4	1

Fonte: FAO (2009).

A produção florestal caiu apenas na Europa, principalmente devido a um declínio no sub-setor de celulose e papel. A produção florestal da Europa Ocidental e Ásia Central se manteve estável.

Diante deste cenário, a FAO (2009) realizou projeções e diagnosticou que os principais fatores que afetaram, a longo prazo, a demanda global por produtos de madeira, são:

- a) Mudanças demográficas: a população mundial deverá aumentar de 6,4 bilhões em 2005 para 7,5 bilhões em 2020 e 8,2 bilhões em 2030.
- b) Continuação do crescimento econômico: PIB global aumentou de cerca de US\$ 16 trilhões de dólares em 1970 para US\$ 47 trilhões de dólares em 2005 (a preços de 2005 e taxas de câmbio) e deverá crescer para quase US\$ 100 trilhões de dólares em 2030. Mudanças Regionais: economias desenvolvidas representaram a maior parte do PIB no período 1970-2005. O rápido crescimento das economias em

desenvolvimento, especialmente na Ásia, vai balançar o equilíbrio de forma significativa nos próximos 25 anos.

- c) As políticas e regulamentos ambientais: mais florestas serão excluídas da produção de madeira.
- d) As políticas de energia: o uso da biomassa, incluindo madeira, é cada vez mais incentivado. Outros fatores importantes com relação a produtos de madeira incluem uma redução na colheita de florestas naturais e o surgimento de florestas plantadas como fonte de madeira, e a evolução tecnológica, que gera aumento da produtividade por meio da melhoria das plantações de árvores, redução da necessidade de madeira devido a expansão da reciclagem, maior utilização de novos produtos compostos e produção de bio-combustíveis de celulose.

Estas tendências vão provavelmente continuar nos próximos anos, especialmente os investimentos em produção e aumentando o processamento de madeira na Ásia e no Pacífico e na América Latina e Caribe.

3.2.2 Setor florestal brasileiro

O setor florestal brasileiro desempenha, atualmente, um papel relevante na economia brasileira. Do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, 1,8% são gerados por esse setor, que também participa com cerca de 3,4% das exportações brasileiras. No campo social o setor possui uma marcante participação, empregando mais de 2 milhões de trabalhadores em empregos diretos e indiretos, tanto em florestas nativas quanto em plantadas (ABRAF, 2009).

Em 1965, quando se iniciaram os incentivos fiscais ao reflorestamento, a madeira das florestas plantadas era utilizada na produção de carvão vegetal destinado às siderurgias e à produção de celulose. Com o passar do tempo, o melhoramento das técnicas de manejo e o déficit de madeira de floresta nativa,

possibilitaram que as espécies exóticas e de rápido crescimento, como o eucalipto, passassem a ter outros usos.

A expansão e o redimensionamento da indústria de papel e celulose e da indústria de madeira contra-placada, aglomerada e de chapas de partículas exigiam readequação da base de matéria prima florestal, embora esses segmentos industriais tenham conseguido estabelecer alguns ganhos de competitividade, com as vantagens comparativas do país (REZENDE; COELHO JUNIOR; OLIVEIRA, 2002).

As florestas plantadas são, hoje, responsáveis pela maior parte do consumo industrial de madeira em toras/toretas no Sul/Sudeste do país. Os principais usos finais dessa matéria prima pela indústria são chapas e contra-placados, madeira serrada e beneficiada, móveis, energia e papel e celulose. Esses diversos segmentos industriais, detentores de extensas áreas reflorestadas, hoje manejam seus plantios, de forma a permitir maior leque de usos finais para a madeira plantada, como é o caso, por exemplo, da indústria de papel e celulose.

Nas três últimas décadas, o país soube tirar proveito das vantagens comparativas e das vantagens competitivas, no que se diz respeito aos avanços silviculturais com relação às florestas plantadas. A consolidação da conjuntura mundial é marcada pela globalização dos fluxos de capitais e de mercadorias, demonstrando extrema competição entre economias e blocos econômicos nos dias atuais (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

No caso do uso das florestas plantadas, a busca de aumento de produtividade e intensificação da exploração será a regra. No entanto, não estão excluídas as tendências históricas de expansão extensiva. A exploração de florestas plantadas apresenta-se como uma das principais tendências de ocupação nas áreas degradadas. Por estas características, o setor florestal sempre merece destaque significativo nos planos de desenvolvimento nacional, bem

como nos planejamentos das empresas privadas e instituições de pesquisa. Os programas governamentais que merecem destaque são: o Programa Nacional de Papel e Celulose, o Programa Siderúrgico Brasileiro e o Programa Estratégico de Substituição de Energia (COELHO JUNIOR, 2004)

O Brasil tem buscado políticas adequadas via mecanismos reguladores, incentivos financeiros, melhores estruturas organizacionais e acordos, quanto ao uso da terra. Em muitos países, a busca dessas ações são acompanhadas por um exame profundo da função administrativa do Estado que atua como elemento regulador de mercado.

Segundo Lima (1993), as florestas são recursos naturais renováveis com alto potencial de produção de biomassas que podem acabar se exaurindo se não houver políticas de incentivo ao reflorestamento. A causa é a grande demanda gerada para o fornecimento de insumos industriais.

Silva (1996) cita algumas funções econômicas e ambientais dos plantios de eucalipto: geração de novas divisas e garantia de produtos florestais; alternativa energética renovável; redução da pressão sobre a vegetação nativa; controle dos efeitos erosivos dos ventos; novas rendas rurais, etc.

No campo florestal, a análise deve ir além dos produtos madeireiros, pois as externalidades positivas ultrapassam as negativas, isto parece ser absolutamente verdade pelo menos quando se fala no setor primário. Isso não quer dizer que o uso abusivo e desenfreado de defensivos, a exploração intensiva e o manejo intensivo do solo requerido por espécies de curta rotação e a atual tendência do uso de árvores inteiras, incluindo folhas e raízes, não irão causar efeitos negativos na conservação do solo e na qualidade e distribuição da água, mas assegura unicamente que os efeitos negativos são aqui ainda preferíveis aos que se fariam presentes, caso esta mesma área fosse alocada para outros usos agrícolas (REZENDE; OLIVEIRA, 2001).

Contudo, as principais finalidades dos produtos florestais brasileiros serão descritos um breve histórico a seguir.

3.2.2.1 Energia

A energia foi sempre essencial para a satisfação das necessidades humanas. Ela é um dos fatores vitais para o desenvolvimento econômico e para promoção da estabilidade das nações. Inicialmente, a energia básica foi a lenha, que era utilizada em queima direta para cocção de alimento, forjamento de ferramentas e utensílios domésticos entre outros. Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar as fontes energéticas disponíveis na natureza, mas com a evolução tecnológica, a produção de bens e serviços passou a depender cada vez mais da energia estocada nos combustíveis fósseis, formados em outras eras geológicas, comparativamente ao fluxo de energia solar que indiretamente sustentava a economia primitiva (ROVERE, 1996).

O suprimento mundial de energia continua a ser dominado pelos combustíveis fósseis. Atualmente, o petróleo aparece como principal fonte básica de energia para o consumo humano. A elevação dos preços do petróleo nos últimos anos viabiliza a pesquisa e a utilização de energias alternativas, mais limpas e renováveis, como a energia hidrelétrica, eólica, solar, biomassa (carvão vegetal, lenha e álcool), células de hidrogênio, geotérmica etc.

O carvão vegetal é um recurso energético primário renovável. A madeira é carbonizada e se transforma em carvão vegetal, utilizado como fonte energética em diversos sistemas como caldeiras, usos domésticos, termo-redutores de siderúrgicas, etc. (VALENTE, 1987). É utilizado em países emergentes, situados na região intertropical do globo terrestre, favorecido pelo rápido crescimento das florestas.

Desde a introdução da siderurgia no Brasil, em meados do século XIX, a exploração florestal de matas nativas (Mata Atlântica, Cerrados e Caatinga) tem-se destinado, de modo geral, à produção de lenha industrial e carvão vegetal para uso siderúrgico e consumo doméstico. Os desmatamentos são ainda “atividades-meio” no processo de expansão agropecuária, realizado em bases não sustentáveis. No conjunto do consumo global de madeira do país, a lenha e o carvão nativos para fins energéticos ainda despontam como os produtos de maior participação (REZENDE; COELHO JUNIOR; OLIVEIRA, 2002). Desse modo, os fatores da exaustão dos recursos florestais na região sudeste foram causados pelo processo de industrialização e a expansão das fronteiras agrícolas.

No início do século XX, Edmundo Navarro de Andrade trouxera os primeiros conhecimentos sobre as espécies do gênero *Eucalyptus* e sua utilidade, bem como, a determinação da idade em que sua madeira poderia ser colhida e o espaçamento em que deveriam ser plantadas. A tecnologia existente, à época, mostrava que o *Eucalyptus sp.* era promissor, porém, que muito teria que se caminhar no sentido de obter mais e melhores conhecimentos (ALFARO, 1985).

Os primeiros reflorestamentos incentivados tiveram objetivos de suprir matéria prima às indústrias siderúrgicas, via carvão vegetal. No passado, a economia florestal brasileira foi caracterizada por uma ação essencialmente extrativista das suas reservas florestais naturais, sem que houvesse uma reposição que viesse restabelecer o equilíbrio anteriormente existente (CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 1974).

A opção pela produção de carvão vegetal por florestas homogêneas de alto rendimento com espécies exóticas do gênero *Eucalyptus spp.*, em meados da década de 60, contou com vultosos aportes de incentivos fiscais do governo federal e a obrigatoriedade legal (Código Florestal) das siderúrgicas passarem a ser auto-sustentáveis, adequando-se a um novo perfil da indústria de base florestal, concentrada na região sudeste (COELHO JUNIOR et al., 2006).

O Art. 21 da Lei 4.771/65 do Código Florestal, reza que:

As empresas siderúrgicas, de transportes e outras à base de carvão vegetal, lenha ou outra matéria prima florestal, são obrigadas a manter florestas próprias para exploração racional ou a formar, diretamente ou por intermédio de empreendimentos dos quais participem, florestas destinadas ao seu suprimento. (BRASIL, 1965)

Apenas recentemente esta exigência legal foi devidamente cumprida para que estas indústrias buscassem índices para o auto-suprimento. Em 2008, o Brasil consumiu cerca de 33 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal, sendo que 52% foram oriundos de florestas plantadas. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal, consumindo por ano, em média, cerca de 21 milhões de metros cúbicos deste insumo, o que corresponde a 63,% do consumo nacional (ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA - AMS, 2009).

O mercado de carvão vegetal é considerado como oligopsônico. O preço desse insumo é formado pela demanda das indústrias siderúrgicas e pela oferta dos produtores independentes. O coque mineral é um produto substituto do carvão vegetal, sendo utilizado na indústria siderúrgica brasileira como termo-reductor. Contudo, o carvão mineral brasileiro possui baixa qualidade e foi gradativamente substituído por coque importado, principalmente dos EUA, da Polônia, do Canadá e da Austrália (PAULA, 1992).

Os preços do carvão vegetal são mensurados pelo mercado interno que depende crucialmente das políticas públicas e das decisões macroeconômicas como: taxa de câmbio, salário mínimo, taxa de juros, inflação, etc. Já os preços do petróleo dependem do mercado internacional e das “políticas” da OPEP (Organização dos países exportadores de petróleo). A Figura 2 mostra o comportamento dos preços reais do carvão vegetal e do petróleo ao longo do tempo e observa-se que ocorreram diversas crises mundiais e que os planos econômicos objetivaram estabilizar a economia brasileira.

Após o primeiro choque do petróleo no início da década de 70, o Brasil optou por explorar outras fontes de energia. O governo elaborou o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), no final de 1974, para eliminar os estrangulamentos estruturais da economia brasileira. O II PND enfatizou o investimento em indústrias de base, buscando autonomia em insumos. Por meio da Política de Energia, lançou-se o Programa de Carvão Vegetal, que visava a expandir e modernizar a produção através de pesquisas de sua utilização como matéria prima e para elaboração de produtos industrializados .

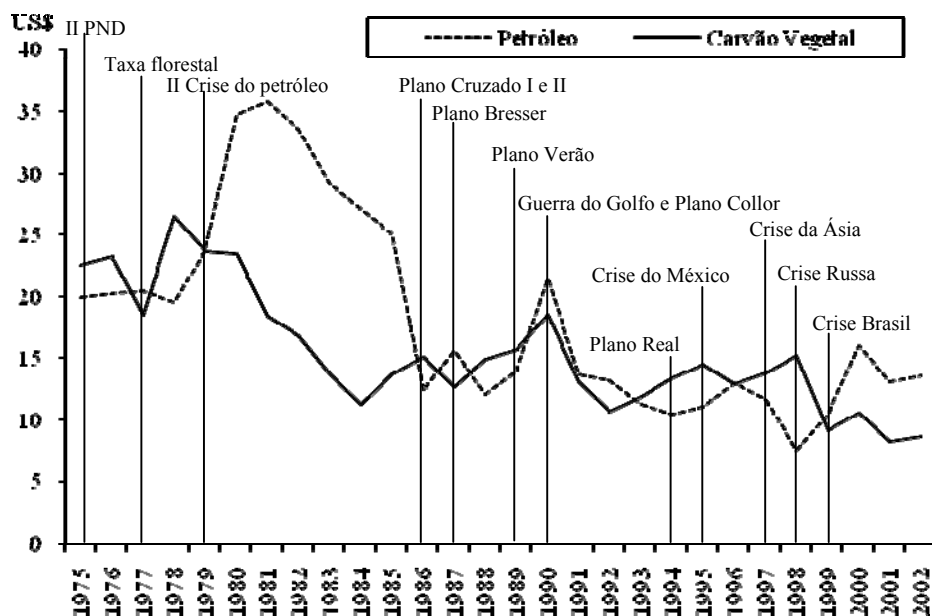


Figura 2 Comportamento dos preços reais do carvão vegetal e do petróleo, no período de 1975 a 2002 (CPI base 1982/84=100).

Fonte: Coelho Junior et al. (2008).

A Tabela 2 apresenta o aumento da produtividade nos plantios florestais, ao longo do tempo, associado com os ganhos tecnológicos na relação carvão vegetal-gusa, na densidade do carvão, nos pesos do carbono fixo e na

diminuição nos custos de implantação face à necessidade de reflorestamento com povoamentos de Eucaliptos.

Tabela 2 Progresso tecnológico das florestas plantadas para produção de carvão vegetal (1970 - 2008).

Ano	Produtividade de (mst/ha)	Carvão / Gusa (m ³ /t)	Densidade do Carvão (kg/m ³)	Carbono fixo (kg/ha)	Custos implantação (US\$/ha)
1970	15	-	-	350	1.800,00
1980	25	4,0:1	200	375	-
1990	40	3,6:1	-	-	1.600,00
1997	60	2,6:1	270	408	600,00
2000	60	2,6:1	250	-	-
2008	67	2,2:1	-	-	-

Fonte: Rezende et al. (2008) e empresas florestais de Minas Gerais.

A Tabela 3 apresenta a evolução da demanda por carvão vegetal, oriundo de floresta nativa e floresta plantada no Brasil no período de 1980 a 2008.

Em 1980, 19,6 milhões de m³ de carvão vegetal foram consumidos pelas siderúrgicas, sendo 85,86% nativo. Esta demanda por carvão foi crescente até 1989, quando se aproximou dos 45 milhões de m³. Na década de 80, o consumo relativo de carvão de floresta plantada foi crescente (14,69% a.a), chegando a 34% do total.

Na década de 1990, houve decréscimo contínuo no consumo, chegando a 25,4 milhões de m³, em 2000. A produção de carvão de florestas plantadas superou a produção de carvão proveniente das matas nativas somente em 1994. A partir do século XXI, houve um aquecimento da economia mundial, fazendo com que siderúrgicas de baixa produtividade, ou seja, com alto custo de produção de gusa, ativassem seus fornos para atender à demanda mundial por aço, o que consumiu cerca de 35,1 milhões de m³ carvão vegetal, em 2006.

Tabela 3 Evolução do consumo de carvão vegetal no Brasil (1980 - 2008) (1000 m³).

Ano	Nativa	%	Reflorestamento	%	Total
1980	16.867	85,86	2.778	14,20	19.645
1985	26.085	82,58	5.501	17,40	31.586
1990	24.355	66,00	12.547	34,00	36.902
1993	17.923	56,54	13.777	43,46	31.700
1994	15.180	46,00	17.820	54,00	33.000
1996	7.800	30,00	18.200	70,00	26.000
2000	7.500	29,53	17.900	70,50	25.400
2002	9.793	36,51	17.027	63,50	26.820
2004	19.490	52,79	17.430	47,80	36.920
2006	17.189	48,94	17.936	51,00	35.125
2008	15.630	46,74	17.339	51,86	32.969

Fonte: AMS (2009).

Em 2004, a abertura comercial chinesa fez com que aumentasse a demanda por minério de ferro e ferro gusa no mercado internacional, o que consequentemente, aumentou a demanda interna por carvão vegetal para produção de ferro gusa nacional.

3.2.2.2 Celulose

A celulose ou pasta celulósica é o principal meio de obtenção de papel. Existem dois processos para obter celulose: o mecânico e o químico. No processo mecânico, a madeira é transformada em cavacos e, posteriormente, submetida à ação de moinhos. Com esse processo obtém-se a pasta de alto rendimento. No processo químico, são removidos os materiais não celulósicos da madeira, especialmente a lignina (MONTEBELLO, 2006).

A celulose pode ser classificada de acordo com o tamanho (curta ou longa) e da coloração da fibra (branqueada e não-branqueada). No Brasil, a celulose de fibra longa é obtida, principalmente, da madeira de pinus e a celulose de fibra curta é obtida, principalmente, da madeira de eucalipto.

De acordo com as especificidades, a celulose é utilizada para diferentes tipos de papel. A celulose de fibra curta, por apresentar maior opacidade e maciez, é matéria prima para a obtenção de papéis para imprimir e escrever, papel sanitário e certos tipos de papel cartão. Já a celulose de fibra longa, que possui uma maior resistência, é utilizada no processo de fabricação de papéis para embalagem, imprensa, papelão ondulado e outros tipos de papel cartão (DORES et al., 2005).

A história da indústria de celulose brasileira está associada, em seus primórdios, à atividades de importação e comércio de papéis, como o caso da empresa Suzano Papel e Celulose que se dedicava à revenda de papéis nacionais e importados. Foi a partir da ação do Estado nacional para alavancar a industrialização no Brasil, entre 1930 e 1980, que houve integração da estrutura produtiva da indústria de celulose do país à economia internacional.

A indústria de celulose é caracterizada como sendo de capital intensivo, o que por si só, gerava dificuldades na instalação da indústria. Além disso, o baixo consumo de papel era suprido pelas importações, que eram isentas de impostos, assim faltava matéria prima para a produção de celulose. O marco fundamental da auto-suficiência brasileira na produção de celulose foi com a criação do Plano de Metas (1956-1960), que buscava por meio do aumento das economias de escala, o controle do suprimento de matéria prima e a viabilização financeira dos projetos, a promoção do desenvolvimento industrial do País (LOPES; CONTADOR, 1998).

A utilização do eucalipto no processo de fabricação de celulose proporcionou um sensível aumento na produção de celulose brasileira de aproximadamente sete vezes, entre 1957 e 1973, embora tenha implicado também na necessidade de especialização na produção em um determinado tipo de celulose – a celulose de fibra curta (JUVENAL; MATTOS, 2002).

Até 1964, a área reflorestada no país era pouco superior a 500.000 ha, dos quais 400.000 ha situavam-se no Estado de São Paulo. Nessa época, o reflorestamento estava circunscrito a poucas empresas, tradicionalmente consumidoras de matéria prima florestal, como a siderúrgicas (CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 1974). Porém, com todas as medidas analisadas e, principalmente, com a política de Incentivos Fiscais para o reflorestamento, o Brasil alcançou uma média anual de 350 mil ha de florestas plantadas, à caçamba das vantagens comparativas que o país possui para os principais fatores de produção de madeira, quais sejam: alto índice solarimétrico e temperaturas adequadas ao crescimento vegetativo das espécies; grandes extensões de terras planas que facilitam a mecanização; grandes contingentes de mão-de-obra disponível (REZENDE; PAULA JÚNIOR; RIBEIRO, 1987).

No entanto, o capital nacional privado não estava disponível para o investimento no setor de base, cujo retorno era a longo prazo e a rentabilidade baixa (SINGER, 1976). A participação do BNDES foi fundamental para que a indústria de celulose se desenvolvesse. O banco passou a conceder uma política de incentivos fiscais àquelas empresas envolvidas em investimentos de reflorestamento, e exigiu uma escala mínima de produção de 250 toneladas por dia – posteriormente revista para 500 toneladas por dia – necessária para que as empresas conseguissem investimentos junto ao banco (JUVENAL; MATTOS, 2002).

Até o início dos anos 80, a história da instalação e expansão do setor de bens de capital da economia brasileira relacionava-se à lógica do modelo de Substituição de Importações. A consolidação da indústria de bens de capital ocorreu durante o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), no fim dos anos 70. Nessa época eram priorizadas a ampliação de infra-estrutura e de capacidade produtiva de insumos básicos e a produção de bens de capital pesados (JUVENAL; MATTOS, 2001)

A Figura 3 ilustra a evolução da produção de celulose, tanto de fibra longa quanto de fibra curta, entre o período que se estende de 1998 até o ano de 2007.

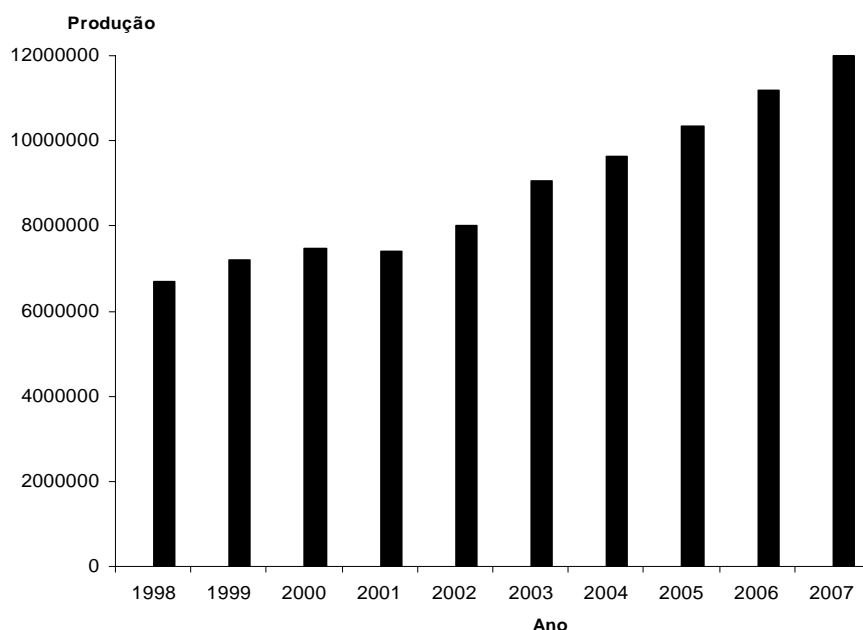


Figura 3 Evolução da produção (t) brasileira de celulose em toneladas (1998 - 2007).

Fonte: Associação Brasileira de Celulose e Papel - Bracelpa (2009).

O incremento da produção de celulose no Brasil decorreu da criação de duas grandes empresas: Aracruz Celulose e Celulose Nipo-Brasileira S/A (Cenibra), ambas voltadas à produção de celulose de fibra curta destinadas às exportações. No que se refere à criação da Aracruz Celulose, foi fundamental a participação do BNDES, uma vez que o banco participou acionariamente no projeto, apesar do aval negativo da *International Finance Corporation* (IFC), subsidiária do Banco Mundial. Após a constatação de que o projeto Aracruz fora

bem sucedido, o BNDES apoiou a criação da Cenibra, e posteriormente financiou a criação do Portocel, um porto destinado à escoação da produção de celulose da Aracruz e da Cenibra.

Segundo Hilgemberg e Bacha (2001), a partir da década de 1980, “a indústria brasileira de celulose se consolidou operando com equipamentos compatíveis com a tecnologia mundial e por estar integrada à produção florestal”. Esta fase foi marcada por investimentos voltados à modernização e ganhos de produtividade, além de uma maior preocupação com a administração das empresas.

A partir da segunda metade dos 1980, foi lançado o II PNPC, que proporcionou o segundo ciclo de investimentos no setor, acarretando a duplicação da capacidade da Aracruz Celulose e a criação da Bahia Sul Celulose S/A. A criação desta última visava a uma elevação tanto na produção de papel quanto na produção de celulose.

Segundo Juvenal e Mattos (2002), para o BNDES, a criação da Bahia Sul foi atender à necessidade de expandir tanto a produção de papel como a exportação de celulose, pois somente 45% da celulose produzida seria consumida pela empresa. Era a oportunidade de alcançar a competitividade internacional com o incremento das exportações, e ampliar a oferta de celulose e papel. O projeto representava também uma novidade para os investimentos do banco, uma vez que a empresa deveria investir na infra-estrutura comunitária, a fim de atenuar os impactos sociais do projeto de tamanho porte.

A competitividade internacional foi plenamente alcançada a partir de 1990. A abertura comercial permitiu que as empresas de celulose e papel entrassem no mercado financeiro para captação de recursos, a fim de aumentarem sua capacidade de produção. Porém, com o incentivo maior ao processo de reciclagem de papel, o crescimento da indústria de papel foi maior que o crescimento da indústria de celulose. Enquanto a produção de papel

cresceu 42% na década de 1990, o incremento da produção de celulose foi de 30 % ao longo da referida década (VALENÇA; MATTOS, 2001).

Em 1999, o país ocupou o 7º lugar no *ranking* dos maiores produtores de celulose e pasta, sendo o maior fabricante de celulose de fibra curta a partir de eucalipto, com produção de 51% do volume mundial. Com relação às exportações, naquele ano o Brasil foi o terceiro maior exportador de celulose de mercado, sendo responsável por 10% das exportações mundiais (FAO, 2009).

Em 2007, a produção brasileira de celulose foi de 12 milhões de toneladas, o que deu ao Brasil o 6º lugar no *ranking* dos maiores produtores mundiais de celulose. A produção de celulose foi distribuída da seguinte forma: 55% da produção foi exportada, 36 % foi utilizada para consumo próprio e 9% da celulose produzida foi comercializada no mercado interno. Estes números evidenciam não só grande potencial exportador brasileiro, mas também a elevada produção de papel no país, que foi de 9 milhões de toneladas, a 11ª maior produção mundial (BRACELPA, 2008).

A indústria brasileira de celulose aumentou consideravelmente a produção global do produto entre 1998 a 2007. No período considerado houve um incremento na produtividade brasileira de aproximadamente 80%. Enquanto em 1998 a produção foi de aproximadamente 6,7 milhões de toneladas, em 2007 a produção ficou bem próxima de 12 milhões de toneladas. O crescimento da produção mundial, no entanto, foi menos expressivo, passou de 179 milhões de toneladas, em 1998, para 192 milhões de toneladas em 2007, apresentando uma variação de pouco mais de 7 % (BRACELPA, 2008).

A Tabela 4 mostra a evolução histórica da produção brasileira de celulose de acordo com o tipo de fibra utilizada para a obtenção de mesma, seja para o mercado externo, seja para o consumo próprio das empresas. A produção de celulose de fibra longa permaneceu relativamente estável no período em questão, apresentando pequenas oscilações.

Tabela 4 Evolução histórica da produção brasileira de celulose por tipo de fibra (1998 - 2008).

Ano	Fibra Longa (t)	Fibra Curta (t)	Pastas de Alto Rendimento (t)	Total (t)
1998	1.246,78	4.984,61	455,51	6.686,91
1999	1.405,30	5.359,53	444,31	7.209,13
2000	1.422,21	5.539,27	501,80	7.463,27
2001	1.438,50	5.504,97	468,56	7.412,03
2002	1.508,73	6.016,97	495,40	8.021,10
2003	1.511,87	7.098,34	459,04	9.069,25
2004	1.537,59	7.612,43	470,13	9.620,14
2005	1.536,33	8.316,13	499,65	10.352,11
2006	1.422,19	9.260,34	49,74	10.732,28
2007	1.474,84	10.001,44	521,38	11.997,66
2008	1.576,36	10.612,59	507,60	12.696,55

Fonte: Bracelpa (2009).

Considerando como referência os anos de 1998 e 2007, a produção apresentou um crescimento de pouco mais de 18%. Com relação à produção de pastas de alto rendimento, a variação da produção foi de aproximadamente 14%, apresentando também oscilações durante todo o período considerado.

Com relação à celulose de fibra curta, a produção brasileira, que era de aproximadamente 4,55 milhões de toneladas em 1998 saltou para pouco mais de 10 milhões de toneladas em 2007, o que equivale a um aumento de mais de 100% na quantidade produzida. O bom desempenho da produção de celulose de fibra curta deve-se principalmente à grande produtividade do país na obtenção de celulose a partir do eucalipto. O Brasil é o maior produtor mundial deste tipo de celulose, e foi o responsável por 58% da produção em 2005 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2008).

A Figura 4 mostra os principais produtores de celulose de eucalipto e suas respectivas produções entre os anos de 1995 a 2005.

O Brasil quase triplicou a produção de celulose de fibra curta de eucalipto, já que a produção saltou de 2,28 milhões de toneladas, em 1995, para 6,09 milhões em 2005. A Espanha produziu 1,24 milhões de toneladas e foi seguida por Chile e Portugal, com respectivas produções de 760 mil e 925 mil toneladas de celulose de eucalipto.

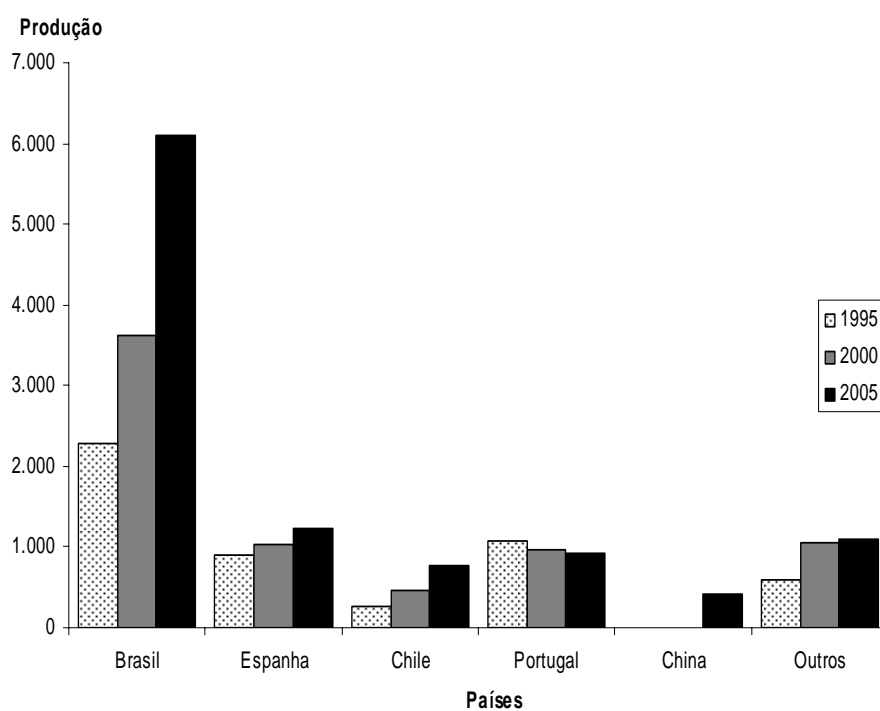


Figura 4 Principais produtores de celulose de eucalipto – 1995 - 2005 (1.000 toneladas).

Fonte: SBS (2008).

A China, que em 2000 não apresentava produção significativa de celulose de eucalipto, no ano de 2005 produziu 415 mil toneladas do produto, o

que correspondeu a 3,94% da produção mundial. Estes cinco países foram responsáveis por aproximadamente 90 % da produção mundial de celulose de eucalipto no ano de 2005.

Embora o Brasil tenha se especializado na celulose de fibra curta, o país também produz celulose de fibra longa e pastas de alto rendimento. A celulose destinada às vendas, sejam externas ou internas, como já mencionado, é chamada celulose de mercado, e a celulose consumida pelas próprias empresas é denominada celulose cativa. Assim, as vendas de celulose não correspondem ao total da quantidade produzida, o que significa que certas empresas comercializam apenas o excedente de produção, como é o caso da Votorantin Celulose e Papel. Existem ainda empresas que não vendem a celulose que produzem. A Klabin S.A., que é a maior produtora de papel do país, não produz celulose de mercado. Segundo a Bracelpa (2008), a parcela da produção de celulose destinada ao mercado, em 2007, correspondeu a 64% da quantidade produzida.

De acordo com a Figura 5, embora a produção e exportações tenham apresentado trajetória constante de crescimento, o mesmo não se pode dizer do consumo aparente.

Entre 2000 e 2003 o consumo de celulose pelas empresas mostrou-se oscilante e, apenas a partir de 2004 não houve mais quedas em seu valor. Ainda, a partir de 2005, as exportações superaram o consumo aparente de celulose.

O fato da quantidade exportada ser maior que o consumo aparente de celulose, não quer dizer necessariamente que a quantidade produzida de papel tenha sido menor no período em questão. Ao contrário, segundo a Bracelpa, o aumento da produção de papel foi de aproximadamente 25%, não apresentando variação negativa entre 2000 e 2007.

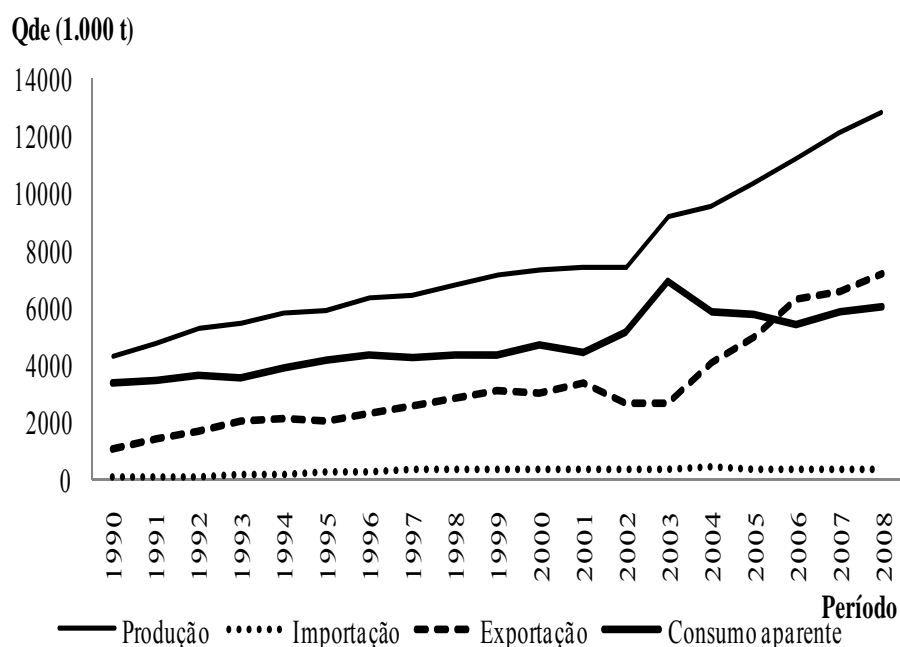


Figura 5 Evolução do Consumo Aparente de Celulose (1990 - 2008).
Fonte: FAO (2010).

O bom desempenho da produção brasileira está relacionado às condições naturais do Brasil, solo e clima favoráveis, disponibilidade de terras e baixo custo de produção. O eucalipto utilizado para obtenção de celulose de fibra curta apresenta uma elevada produtividade, se comparado com os demais países produtores de celulose de fibra curta.

Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS, 2008), o período necessário para a rotação do plantio de eucalipto no Brasil é de aproximadamente sete anos, enquanto que na África do Sul, o período para a rotação pode variar de oito a dez anos. Outro fator que justifica a elevação da produtividade brasileira no período citado acima é o baixo custo que o país apresenta para a produção de celulose a partir do eucalipto. Esta competitividade está relacionada ao custo da obtenção de celulose.

Em 2002, o custo médio de uma tonelada de madeira para obtenção de celulose no Brasil foi US\$ 129, enquanto que em países como Portugal e Estados Unidos o custo da tonelada de madeira foi de respectivamente US\$286 e US\$303, e na Espanha o custo médio foi de US\$ 272 por tonelada de madeira (VOTORANTIN CELULOSE E PAPEL, 2009).

Outra condição essencial para que a indústria de celulose apresentasse tamanha competitividade foram os elevados investimentos que ocorreram no setor. Segundo a Bracelpa, em 2007, as empresas Aracruz Celulose, Suzano, Bahia Sul e Klabin S.A realizaram investimentos em expansão da capacidade produtiva, que somados chegaram a US\$ 3 bilhões, e para o período 2008-2009 foi de US\$ 1,7 bilhões.

O mercado de celulose se configura bastante dependente do mercado internacional. Assim, oscilações na demanda internacional têm interferência direta nos preços e na produção de celulose do Brasil. Os preços de celulose sofreram forte queda a partir de 1996 até 1998, diante de um cenário de instabilidade mundial, decorrente das crises da Rússia, Ásia e América latina. No entanto, com a recuperação financeira dos mercados internacionais, os preços da celulose começaram a se elevar, atingindo a cotação de US\$ 700 a tonelada.

Em 2001, os preços de celulose apresentaram forte retração devido, sobretudo, à recessão econômica americana e aos elevados estoques de celulose mundial, alcançando um patamar de US\$ 400 a tonelada. A partir do momento em que os estoques diminuíram, a partir do último trimestre de 2001, os preços passaram a apresentar uma trajetória ascendente.

Em 2003, a elevação dos preços foi decorrente da redução da oferta de celulose de mercado por parte dos estados Unidos e Ásia, onde a celulose de fibra curta de eucalipto apresentou cotação média de US\$ 510/t.

Em 2004, o mercado de celulose passou por um novo ajuste de preços, desta vez decorrente do aumento do consumo chinês, o que forçou uma elevação dos preços em todo o mundo. O preço médio da celulose de fibra curta de eucalipto, em 2004, foi de US\$ 530 a tonelada. A celulose de fibra longa estava cotada a US\$ 867 a tonelada em setembro de 2008 e a celulose de fibra curta valia US\$ 775 a tonelada no mesmo período.

A Figura 6 ilustra a variação das exportações, importações e o saldo da balança comercial brasileira para o setor de celulose no período 1990-2008.

O valor das exportações de celulose em 1998 foi de pouco mais de US\$ 1 bilhão, enquanto que em 2007 foi de mais de US\$ 3 bilhões, o que representou uma elevação de, aproximadamente, 290%.

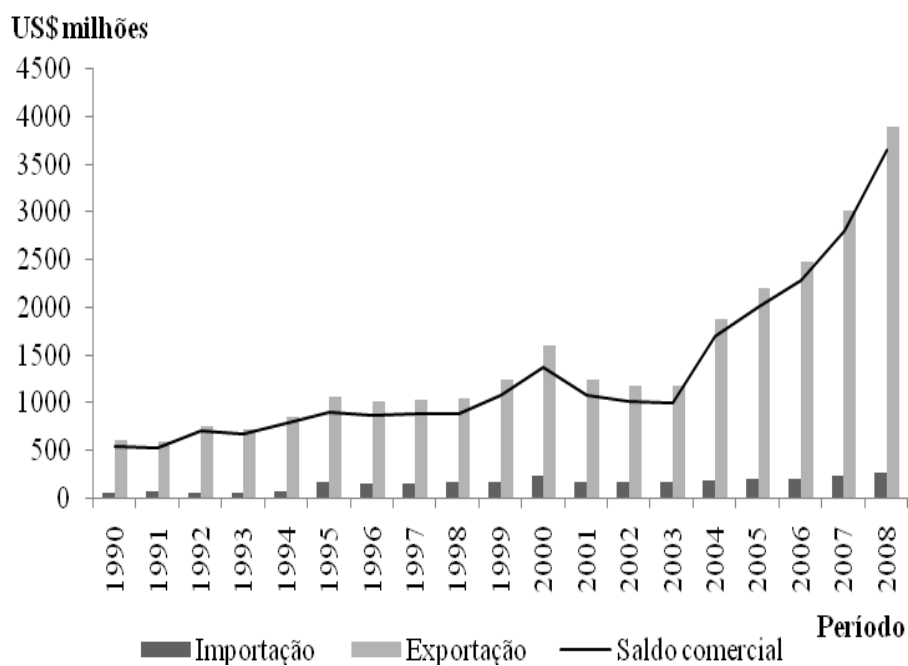


Figura 6 Evolução da balança comercial brasileira de celulose (1990 - 2008).
Fonte: FAO (2010).

No período 1998 a 2007, houve uma variação de 31% na quantidade importada. Esta considerável diferença na variação das quantidades exportadas e importadas, em valor, propiciou um grande saldo comercial para o país, que apresentou uma taxa de crescimento de 319%.

Segundo Valverde, Soares e Silva (2006), o principal condicionante do desempenho das exportações brasileiras foi o aquecimento do comércio mundial. Tal fato implica que o país foi adquirindo competitividade ao longo dos anos, devido às condições naturais e estruturais que permitiram a redução do custo de produção de celulose de fibra curta.

Segundo Montebello (2006), o custo brasileiro de produção por tonelada de celulose passou de US\$ 490,00 em 1980 para US\$ 448,00 por tonelada em 2005, o que, segundo a autora, evidencia que o Brasil deixou de apresentar o maior custo de produção para apresentar o menor custo de produção de celulose de fibra curta.

A Tabela 5 mostra a participação dos maiores compradores da celulose brasileira entre os anos de 1998 a 2007. O principal importador da celulose brasileira são os Estados Unidos, apesar de uma redução de 10% nas quantidades de celulose compradas no período. Os países selecionados responderam em conjunto por aproximadamente 83,5% da quantidade das vendas externas de celulose brasileira. Tal fato evidencia, sobretudo, a grande dependência que o setor de celulose brasileira possui com relação aos seus maiores compradores. Em 2007 os USA foram o destino de 21,98% das exportações brasileiras de celulose.

A Holanda, que até o ano de 2002 não apresentava participação relevante, ultrapassou a China em 2005, tornando-se o segundo maior país comprador de celulose brasileira, cuja participação em 2007 foi de 19,49%. A participação chinesa nas exportações brasileiras de celulose, em 2007, foi aproximadamente cinco vezes maior que em 1998, tendo como recorde o ano de

2004, onde o país importou 809,9 mil toneladas de celulose, o equivalente a 16,23% do montante destinado às exportações.

Tabela 5 Participação em percentual dos maiores compradores de celulose brasileira (1998 - 2007).

Ano	Estados Unidos	Holanda	China	Itália	Bélgica	Suíça	Japão
1998	24,3		2,77	6,55	15,71	1,01	15,03
1999	26,04		4,27	6,41	14,22	1,86	13,72
2000	27,84		3,26	7,41	17,89	2,97	12,49
2001	25,96		12,54	6,69	13,4	2,18	9,61
2002	26,55		9,79	8,41	14,26	2,99	9,06
2003	24,44	14,80	16,16	7,91	8,11	4,11	7,12
2004	21,21	15,76	16,23	9,08	10,17	4,61	6,14
2005	21,55	20,7	12,58	9,1	8,13	5,31	6,08
2006	20,41	16,99	15,17	9,96	9,66	5,28	5,35
2007	21,98	19,49	12,3	10,88	10,28	5,26	3,46

Fonte: Brasil (2009).

Por sua vez, o aumento da participação italiana foi de aproximadamente 66% entre 1998 a 2007, o que garantiu ao país o quarto lugar no *ranking* dos maiores compradores de celulose brasileira. A Bélgica, tradicional compradora de celulose brasileira, perdeu participação no período, caindo para o quinto lugar do *ranking*, com participação de 10,28% nas importações de celulose brasileira. A participação suíça nas compras de celulose do Brasil foi cinco vezes maior em 2007, quando comparado com o ano de 1998. O Japão, porém, foi o país que apresentou a maior redução nas quantidades importadas. O país que em 1998 importou aproximadamente 421,8 mil toneladas, importou 227,7 mil toneladas em 2007, uma redução de aproximadamente 40%.

3.2.2.3 Chapas e painéis

A expansão do mercado doméstico de chapas e painéis, a altas taxas, deve-se estender até o futuro mais distante, haja vista o baixíssimo consumo atual, per capita, destes produtos. Além disso, estes produtos possuem alta elasticidade renda, isto é, seu consumo cresce bem mais rápido que o aumento na renda que é crescente.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira - ABIPA (2010), o Brasil está entre os países mais avançados do mundo na fabricação de painéis de madeira reconstituída. Com contínuos investimentos em tecnologia e automação, possui um grande número de fábricas de última geração, com versáteis e modernos parques industriais destinados à instalação de novas unidades fabris.

A participação do Brasil pode ser considerada significativa para o comércio mundial de chapas duras (Duratex, Eucatex), com mais de 10%. Para os demais produtos esta participação é considerada insignificante tanto em termos absolutos quanto em termos relativos, isto é, quando se considera a população, a extensão territorial e principalmente as vantagens comparativas de que o país desfruta. O comércio mundial de madeira serrada e chapas é da ordem de US\$ 50 bilhões, dos quais US\$ 12 bilhões são provenientes de florestas tropicais. O Brasil participa com 2% do mercado mundial e com 4,5% do mercado de madeira tropical (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI, 2008).

a) Compensado

O Brasil, em 2006, foi o 5º maior produtor mundial de compensado, com uma produção de 3,7 milhões de m³. O consumo interno de compensado é

destinado para as fábricas de móveis (45% aproximadamente) e embalagens (17% aproximadamente). As exportações de compensado, praticamente, quintuplicaram na década de 90, passando de 300 para 1.400 mil m³, o que corresponde a uma taxa anual de crescimento de 16,65%. Em 2006, o total exportado chegou a 1,9 milhões de m³, que abrange 7,5% do mercado mundial, inserindo o país em 5º lugar do ranking internacional (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

3.2.2.4 Painéis reconstituídos

a) Aglomerado

O aglomerado está perdendo mercado no mundo. É um produto com “ciclo de vida” em estágio final. No Brasil, porém, o consumo e, conseqüentemente, a produção, são ainda crescentes, corroborando a reação lenta e tardia do país às mudanças tecnológicas. Com a produção de aglomerados houve incrementos expressivos, principalmente no segmento moveleiro, relacionado à crescente demanda do mercado doméstico. Sua utilização no Brasil não é adequada por serem usadas em locais úmidos e impróprios como banheiros e cozinhas. Entre 1999 e 2000 a produção expandiu 132%, o consumo 150% e as exportações caíram 71,80%, já refletindo a retração da demanda externa (REZENDE; COELHO JUNIOR; OLIVEIRA, 2002).

b) Chapa de fibra

Segundo dados da FAO (2010), no período de 2000 a 2006, a produção de chapas de fibra mais que dobrou, atingindo 2,3 milhões de m³. O consumo

interno cresceu, no mesmo período, 162%, enquanto as exportações cresceram 155%.

c) Chapas de Fibra de Densidade Média (MDF)

Segundo ABIMCI (2008), o painel MDF - *medium desity fiber board* - é produzido a partir de fibras de madeira que são aglutinadas com resina sintética sob alta pressão e temperatura. Seu uso principal é na indústria moveleira.

A produção e comercialização do MDF datam da década de 60. Seu objetivo era substituir as chapas de fibras duras. Sua fácil trabalhabilidade, usinagem e flexibilidade no recobrimento de acabamentos fizeram com que o novo produto se revelasse um bom substituto para as chapas de aglomerado e compensado. O MDF é também mais econômico em termos de uso de ferramentas e equipamentos e apresenta menores índices de refugo que qualquer outro tipo de lâminas e aglomerados (REZENDE; COELHO JUNIOR; OLIVEIRA, 2002).

O MDF é um produto concebido para finalidades nobres. Logo, imagina-se que sua matéria prima seja oriunda de florestas plantadas que fornecem material homogêneo e, portanto, de melhor qualidade, de baixa densidade e coloração clara. Contudo, já se cogita a produção de HDF (*high desity fiber board*) e MDF com restos de madeira, o que já acontece na Europa (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

Segundo a FAO (2010), os principais produtores mundiais de MDF, conforme a Tabela 6, são: Estados Unidos, Alemanha, Itália, Malásia, Coreia do Sul, Canadá, Indonésia e China. É um produto em fase de expansão.

A produção de MDF, no Brasil, cresceu muito nos últimos anos, passando de 6,6 mil m³, em 1994, para 381 mil m³ em 2000 e para 1.700 mil m³ em 2006.

Tabela 6 Evolução da produção e exportação mundial de MDF (1995, 2000 e 2006).

	Produção (1.000 m ³)			Exportação (1.000 US\$)		
	1995	2000	2006	1995	2000	2006
China	540	2.060	22.000	11.600	184.702	698.102
Alemanha	563	2.500	4.200	141.000	1.999.000	3.441.760
EUA	1.959	2.501	3.895	210.000	242.000	306.977
Brasil	0	381	1.700	3.500	3.000	120.000
Canadá	134	1.267	1.352	114.300	746.923	836.000
Espanha	505	1.070	1.185	168.700	481.163	439.000
França	344	830	1.160	322.000	500.704	1.249.507
Itália	700	715	1.155	266.000	463.000	271.092
Outros	3.138	7.722	13.858	1.615.217	3.773.518	7.408.601
Mundo	7.883	19.046	50.506	2.852.317	8.394.010	14.771.039

Fonte: FAO (2010).

Na área de painéis de madeira, o OSB (*oriented strand board*) e também o MDF devem continuar a substituir o compensado, produto tido mundialmente como em declínio (10% a.a.). Este fato tem contribuído, via substituição, para o crescimento ainda mais acelerado dos novos tipos de chapas. Estima-se que existam no Brasil cerca de 2 milhões de hectares de florestas plantadas que podem ser usados para a produção de produtos madeireiros sólidos (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

3.2.2.5 Produtos de Maior Valor Agregado - PMVA

A Tabela 7 apresenta os produtos de madeira de maior valor agregado. São aqueles produtos secundários da madeira, ou seja, produtos transformados em produtos acabados ou semi-acabados. O beneficiamento da madeira serrada é um segmento que agrega valor ao produto final, principalmente, àqueles bens voltados para exportação. A utilização das florestas plantadas e florestas nativas apresentam um conjunto de oportunidades e nichos de mercado para este ramo (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

A taxa de crescimento anual da produção de PMVA foi de 13,62% no período de 1995 - 2000. Esta taxa dobra a produção em pouco mais de 5 anos (Tabela 7). O preço médio do PMVA é superior a US\$ 600,00/m³, participando com 4,4% das exportações dos produtos de madeira serrada.

Tabela 7 Série histórica das exportações brasileiras de PMVA (unidades) (1998 - 2008).

Ano	Portão de madeira	Pisos de madeira	EGP	Molduras
1998	72.044	46.375	18.703	15.753
1999	93.403	71.202	22.629	32.754
2000	96.185	101.157	24.131	43.878
2001	10.7679	88.728	23.703	63.708
2002	130.430	106.150	34.892	87.124
2003	136.700	151.815	54.975	81.745
2004	208.040	282.554	90.306	119.011
2005	225.555	426.509	87.865	161.744
2006	266.925	605.891	119.097	252.452
2007	255.486	603.841	119.775	179.710
2008	244.538	605.010	117.500	161.739

Fonte: Abimci (2009).

Segundo a ABIMCI (2009), o *Clear Blocks* e *Blanks* são peças de madeira serrada de pequenas dimensões, isentas de defeitos como nós e imperfeições visuais, que estão em expansão no mercado mundial.

A comercialização dos *blanks* é direcionado para a exportação. Estes produtos de maior valor agregado são vendidos diretamente para os consumidores para uso próprio (*hobby*) ou sob forma de peças e partes de móveis e esquadrias. Outro tipo de PMVA é EGP (*edge glued panels*) que são painéis colados lateralmente que podem ser tanto de eucalipto quanto de pinus. Outros tipos de PMVA são: Pisos (Lampartquet, parquetes e pisos ou assoalhos); Produtos de construção civil (alizes, vigamento, barra de veneziana, palheta de veneziana, palheta e rodapé); e outros (cabos de vassouras,

marcenaria, *ministrip*, *pallets*, peças pré-fabricadas componentes de móveis e pré-cortados) (ABIMCI, 2009).

O crescimento das exportações do PMVA, entre 1998 e 2005, foi de 8,70% a.a.. Os países que mais aumentaram suas exportações de produtos florestais nos últimos anos, o fizeram com base nos PMVA, como por exemplo o Vietnã, a China, a Indonésia, o Chile, a Malásia e o Brasil.

Segundo Brasil (2009), em 2004, as exportações brasileiras de EGP foram de US\$ 282,6 milhões, destinado, principalmente, para os Estados Unidos (62%). Em 2007, o mesmo país importou 73% do total de US\$ 603,8 milhões. Em 2004, com menor representatividade, aparecem Portugal (8%) e Canadá (4%), que foram superados pela França (7%) e Alemanha (4%).

Os PMVA apresentaram uma tendência crescente nas exportações até 2006. Em 2007 e 2008, esta tendência permanece estável, principalmente, nas exportações de EGP, portão e pisos de madeira.

3.2.2.6 Móveis

A estabilização da economia proporcionou um verdadeiro boom na demanda reprimida por todos os produtos, mas, principalmente, para mobiliário para famílias de baixa e média renda. Pólos moveleiros como os de Ubá em Minas Gerais e de Linhares no Espírito Santo, por exemplo, cresceram e crescem a reboque destes fatos (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

O Brasil é o 10º principal produtor de móveis do mundo, o 24º em exportação, o 35º em importação e o 10º em consumo. As exportações brasileiras de móveis fecharam o ano de 2007 com aumento de 2,7% em comparação ao ano anterior. As vendas externas do setor totalizaram US\$ 1,048 bilhões (REZENDE; COELHO JUNIOR, BORGES, 2008).

A Itália dominou por mais de 20 anos o cenário mundial de produção e exportação de móveis, tendo como base diferencial o design e a qualidade. Contudo, perdeu a partir de 2006 a hegemonia exportadora para a China, que exportou, em 2007, US\$ 10 bilhões. A Figura 7 apresenta a evolução das exportações de móveis no Brasil.

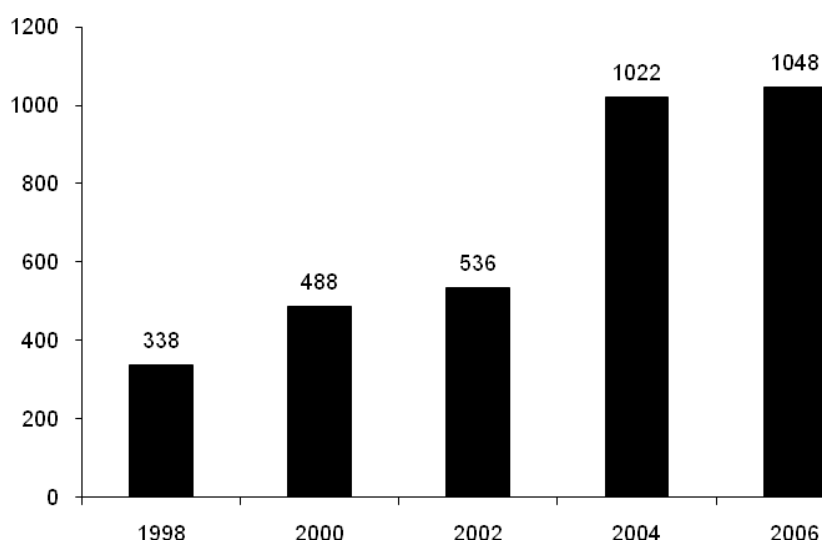


Figura 7 Evolução histórica do valor das exportações de móveis no Brasil (US\$1.000) (1998 a 2006).

Fonte: Brasil (2008).

Em 2007, as exportações mundiais de móveis atingiram, aproximadamente, US\$ 100 bilhões, tendo o Brasil participado com mais de 1% deste total. Já para 2008, houve um aumento de 5,15%, atingindo US\$ 102 bilhões.

O setor está investindo mais em tecnologia, produtividade, qualidade, certificação, técnicas de venda e de exportação, etc.

A indústria tem passado por rápidas e significativas transformações, modernizando-se significativamente em termos tecnológicos. Hoje se usa maquinário moderno e eficiente; os móveis produzidos são de design atual e chamativo e já começam a competir inclusive com os italianos no mercado internacional; a disposição das máquinas e “galpões” industriais obedece a um layout ergonômico e eficiente; a verticalização começa a dar sinais de arrefecimento; começa-se a perder o medo dos investimentos tecnológicos e a entender que eles são compensatórios e por isso muitas indústrias moveleiras já atuam sob licença e pagam *royalties*; a pesquisa de mercado já começa a fazer parte do planejamento estratégico das mentes empresariais do setor; a normatização técnica já começa a fazer parte integrante do processo produtivo; já se começa a firmar e a esboçar uma incipiente, mas bem postada cultura exportadora; a informalidade perde terreno celeremente; e, finalmente, o setor começa a ser pensado e planejado como uma cadeia produtiva, indo deste a matéria prima até o distribuidor final (no Brasil ou no exterior) onde a mente do consumidor é parte integrante do processo (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

A demanda interna cresce mais rapidamente, e os novos consumidores que chegam ao mercado são, em geral, menos exigentes. No Brasil não existe ainda a cultura da compra de móveis pré-moldados, hábito ou cultura já consolidado nos países desenvolvidos.

Há uma tendência no mercado nacional de alta horizontalização ou especialização da produção, com cada empresa produzindo parte de um móvel. Assim, ganha-se na especialização, evita-se desperdícios de matéria prima, ganha-se em escala, etc.

A Itália está investindo em 4 clusters industriais no Brasil, visando à exportação, sendo um deles em Uberaba – MG. Serão inicialmente 16 empresas incentivadas a exportar para os Estados Unidos e América Latina.

Segundo o Brasil (2009), os dois maiores pólos exportadores são Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Tabela 8), mas se preocupam pouco com design, segundo analistas do setor.

Tabela 8 Principais Exportadores de Móveis no Brasil, em 2006.

Estado	1.000 US\$ FOB	%
Santa Catarina	377.886	36,06
Rio Grande do Sul	277.429	26,47
São Paulo	152.173	14,52
Paraná	108.929	10,39
Bahia	71.610	6,83
Minas Gerais	20.324	1,94
Espírito Santo	8.090	0,77
Outros	39.657	3,78
Total	1.048.011	100,00

Fonte: Brasil (2009).

O design é preocupação recente da indústria moveleira, que ainda não encontrou, segundo especialistas, um caminho próprio, seguindo muito de perto o estilo europeu. Aproximadamente 80% dos móveis fabricados e exportados pelo país são de madeira e 80% são de Pinus e Eucaliptos.

3.3 Risco e Incerteza

Apesar de o setor florestal ser um mercado tradicional, os efeitos de mercado globalizado, insere riscos e incertezas em sua cadeia produtiva. Portanto, é necessário conhecer os conceitos e atribuições do risco e da incerteza na atividade florestal.

3.3.1 Incerteza

Incerteza representa uma situação que não pode ser expressa na forma de probabilidades (KNIGHT, 2005). Ferreira (2004) define incerteza como uma “indecisão ou dúvida”, sobre uma atitude a ser tomada. Já Souza e Clemente (2001), dizem que a incerteza surge quando há descontrole ou desconhecimento sobre fatos que poderão acontecer no futuro, ou, como salienta Fleischer (1988), quando não se conhece absolutamente nada sobre a distribuição das probabilidades dos eventos futuros esperados.

Ao descrever sobre incerteza, Sá (1999) afirma que ela ocorre quando não se tem conhecimento da distribuição de probabilidades a respeito de algum evento, e o que se busca em alguma situação de incerteza é “estimar uma distribuição de probabilidades para eventos futuros, baseados em resultados de situações análogas do passado”.

A incerteza sempre será um desafio do ser humano, porque o homem não consegue viver em um ambiente desconhecido. Esse tipo de ambiente indica e transmite um sentimento de medo e de ameaça em relação ao futuro. Como a aventura e a conquista também são características marcantes, percebe-se que, na mente das pessoas, há um enfrentamento de idéias entre a incerteza e a ousadia.

A incerteza atua como se fosse uma espécie de freio para o ímpeto dos investidores, enquanto que a ousadia corresponde ao acelerador. Cabe ao tomador de decisões cercar-se de informações relevantes e confiáveis para conduzir seus empreendimentos sem perdas ou danos econômicos futuros.

A incerteza pode se decompor em incerteza fundamental e incerteza com ambigüidade. A primeira caracteriza-se pelo desconhecimento da existência da informação, enquanto que a incerteza com ambigüidade é coligada pela inexistência da própria informação (DEQUECH, 2000).

Tung (1993) refere-se à incerteza como alguns dados inerentes e

aleatórios que não podem ser eliminados, embora aqueles cujas informações estejam associadas à falta de conhecimentos possam ser reduzidos.

A redução da incerteza é complexa, mas pode ser entendida à medida que os eventos do passado vão se comprovando, representando o início de uma tendência de incertezas, cujas características podem ser detectadas com o passar do tempo.

Normalmente o que se observa é exatamente o contrário, isto é, os eventos do passado não se repetem com relativa frequência, principalmente no curto prazo, para indicar uma linha de tendência segura, a qual possa ser seguida à risca, isso sem contar com os novos eventos que possam surgir inesperadamente, como forma de romper essa linha e prejudicar a análise.

A incerteza, de um modo geral, envolve situações de ocorrência não repetitivas ou pouco comuns na prática, cujas possibilidades não podem ser determinadas. Ela está diretamente associada aos eventos futuros que afetarão a tomada de decisão no empreendimento. Num ambiente de incerteza como no lançamento de novos produtos, operação na qual não se conhece os resultados financeiros futuros, há necessidade, portanto, de previsões. Assim, existem dois tipos de incerteza que devem ser considerados:

a) Incerteza técnica

A incerteza técnica está relacionada à dificuldade física de se finalizar um projeto. A incerteza técnica deve-se aos fatores endógenos, como a incerteza sobre o tamanho da produção (existência, quantidade e qualidade) e desempenho dos projetos em função do emprego da tecnologia, como exemplo a capacitação da mão-de-obra para produção de mudas clonais ou a introdução de uma nova espécie para produção (DIAS, 1996).

b) Incerteza econômica

A incerteza econômica está relacionada tanto aos fatores endógenos através dos custos de produção (mão-de-obra, insumos, tecnologia, etc.) quanto aos custos exógenos que podem afetar o empreendimento, por meio dos fatores macroeconômicos como: taxa de juros, inflação, liquidez dos mercados financeiros e de capitais domésticos, política monetária, política fiscal e outros acontecimentos políticos, diplomáticos, sociais e econômicos que afetam um investimento (DIXIT; PINDYCK, 1994).

Minsky (1986) diferenciou os conceitos de risco e incerteza de acordo com os escritos de Keynes, sendo: uma vez que o investimento engloba preponderantemente decisões que envolvem tempo, para tentar explicar os investimentos em uma economia, é necessário investigar o significado de incerteza. A incerteza opera em uma classe de eventos para os quais os resultados das ações não podem ser conhecidos com a mesma precisão que o resultado médio esperado de uma roleta ou um jogo de dados. Em outras palavras, incerteza em economia difere de risco, sendo que para este último podem existir mecanismos mais seguros.

3.3.2 Risco

Pindyck e Rubinfeld (2006) definem risco como a situação de poder arrolar os resultados possíveis. Já Hirschfeld (1989) considera como risco a probabilidade de insucesso de uma decisão. Para Souza e Clemente (2001), o risco caracteriza-se pelo conhecimento de uma probabilidade de que o evento venha a ocorrer no futuro.

Gitman (2001) entende risco como a possibilidade de o resultado real diferir do esperado, geralmente aliado a uma perda financeira, e Securato (1996),

por sua vez, associa o risco à probabilidade de ocorrer fracasso em um evento.

Para Sá (1999), quanto mais valioso o bem, maior o risco e a probabilidade de perda. Ferreira (2004) considera como risco a “possibilidade de estar em perigo”, sob pena da perda de algo; para Bernstein (1997), o risco e o tempo estão intimamente relacionados, pois a natureza do horizonte de tempo é que estabelece a medida do risco.

Existem três tipos de riscos que se distinguem em: naturais, econômicos e financeiros.

Os riscos naturais estão associados às perdas pelos fenômenos relativos à natureza, como a geologia, a geografia, o relevo, a água, o solo, os seres vivos e os fatores edafoclimáticos, dentro de uma distribuição de probabilidades de ocorrência dos eventos (REBELO, 2003). Os riscos econômicos representam a possibilidade de perda de valores relativos aos recursos decorrentes dos fatores de produção. E os riscos financeiros são relativos à perda de valores monetários (DAMODARAN, 1997).

O Risco está presente em qualquer operação no mercado financeiro. Risco é um conceito “multidimensional” que cobre cinco grandes grupos: risco de mercado, risco operacional, risco tecnológico, risco político e risco legal, ilustrado na Figura 8. Os grupos de riscos serão descritos de forma que abordem algumas características do setor florestal, conforme segue:

3.3.2.1 Risco de mercado

Risco de mercado pode ser dividido em quatro grandes áreas: risco acionário, risco de câmbio, risco de juros e risco de *commodities*. Alguns instrumentos têm seus riscos considerados separadamente dentro das quatro áreas acima.

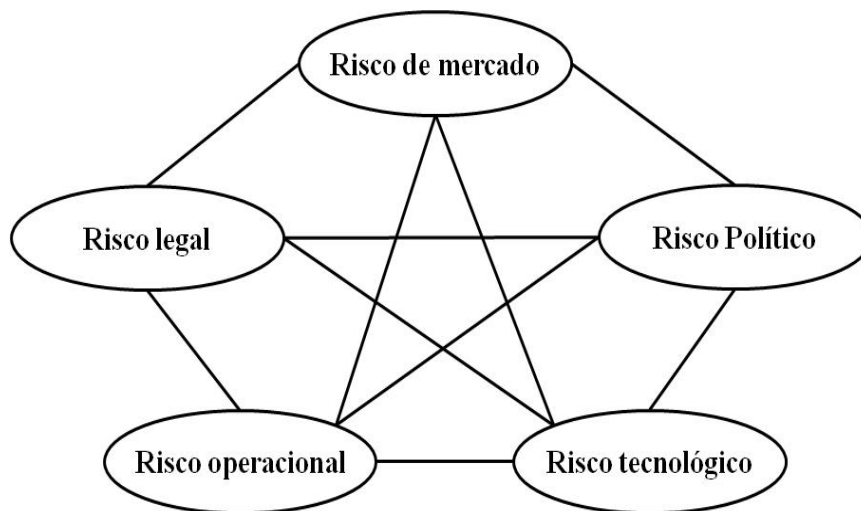


Figura 8 Grupos de risco.

Risco de Mercado depende do comportamento do preço da madeira e seus derivados diante das condições de mercado. Para entender e medir possíveis perdas devido às flutuações do mercado é importante identificar e quantificar o mais corretamente possível as volatilidades e correlações dos fatores que impactam a dinâmica do preço da madeira e seus derivados. Por exemplo, pode-se considerar algumas análises de mercado que afetam o setor:

a) Produtos substitutos

Os produtos substitutos são uma das forças do modelo das Cinco Forças de Porter (1979) determinantes da competitividade do mercado.

Os produtos florestais diretos de demanda elástica, como é o caso da madeira, quando analisados do ponto de vista mais competitivo, apresentam facilidade de serem substituídos por outros produtos como concreto, alumínio, plásticos, dentre outros. Segundo Poter (1986), esta substituição envolve vários

aspectos como fatores tecnológicos, restrições quanto ao uso dos recursos naturais, custos, preferência do consumidor, etc.

b) Multiplicidade de Usos da Madeira

A utilização da madeira pode ser direcionada para a produção multi produtos tais como: de madeira serrada, laminados, aglomerados, madeira para energia, fabricação de celulose e ainda aproveitamentos dos resíduos para a fabricação de chapas de fibras, etc. Neste caso a receita total é a soma de todos os itens produzidos.

Segundo Rosot (2007), o uso múltiplo da madeira permite à empresa florestal, além de um maior aproveitamento do seu uso, uma maior flexibilidade quanto à comercialização de seus produtos. Esta maior flexibilidade reduz os riscos de prejuízos, uma vez que se um determinado produto que no momento da comercialização, apresentar baixo valor de mercado, as receitas poderão ser compensadas por outros produtos de maior valor de venda no momento da comercialização.

c) Ciclo de Produção

A atividade florestal pode ser caracterizada como cultura perene, devido ao longo tempo envolvido no processo produtivo, e o setor florestal caracteriza-se por envolver risco quando comparado com culturas de ciclos menores.

Em culturas de ciclo curto, como é o caso de culturas agrícolas, se ocorrer uma catástrofe levando a danos físicos (ataque de pragas, geadas, etc.), as possibilidades de recuperação são mínimas. Porém, o tempo envolvido no ciclo de produção, por ser maior no setor florestal, faz com que haja uma maior

probabilidade de ocorrência de catástrofes bio-climáticas do que no setor agrícola.

Quando analisados sob o ponto de vista da colheita dos produtos, o setor florestal apresenta maior risco que as culturas agrícolas, pois o produto da receita é jogado de uma só vez no mercado como, por exemplo, 7 anos para eucalipto e 20 anos para pinus (REZENDE; OLIVEIRA, 2008). Caso esteja em crise, envolverá maior risco.

As florestas são altamente susceptíveis às perdas físicas devido a ocorrência de incêndios (principalmente os plantios do gênero pinus), ataque de pragas, doenças, geadas, vendavais (SCOLFORO; MACHADO, 1996). Os receios de ocorrência destes problemas são evidenciados pela atividade a longo prazo.

Para contornar estes problemas, é necessário um bom planejamento da malha viária florestal, do posicionamento e largura dos aceiros, da subdivisão da área em talhões, de faixas de mata nativa, da equipe de combate a incêndios (treinamento, máquinas e equipamentos disponíveis), das equipes de combate a pragas, dentre outros (SCOLFORO; HOSOKAWA, 1992).

3.3.2.2 Risco operacional

As atividades do setor florestal são realizadas normalmente sob severas exigências dos seres humanos, das máquinas e equipamentos, devido às condições operacionais e ambientais em que o setor está inserido.

Existem riscos relacionados às quebras de máquinas e equipamentos, aos acidentes de trabalho, que na maioria das vezes são provocados por deficiência técnica e operacional das pessoas, além dos riscos relacionados aos acontecimentos devido às intempéries da natureza, que chegam a limitar determinadas operações em certas épocas do ano (HIRSCHFELD, 1989).

Estes últimos riscos fazem com que o setor florestal seja altamente dependente das condições ambientais.

A minimização dos riscos relacionados à quebra das máquinas é conseguida quando se tem um bom planejamento e controle das manutenções das máquinas e equipamentos (SOUZA; CLEMENTE, 2001).

A diminuição dos riscos de acidentes é conseguida com bons programas de treinamento e reciclagem dos trabalhadores, além da melhor realização da operação dentro dos critérios de segurança pré-estabelecidos.

3.3.2.3 Risco tecnológico

Alguns projetos florestais exigem inovações tecnológicas para tornar sua produção mais produtiva e eficiente.

Pindyck e Rubinfeld (2006) mostraram que muitas empresas decidem enfrentar o ônus financeiro de um enorme desafio tecnológico, ou seja, o risco tecnológico, motivadas por um objetivo maior de diferenciação competitiva ao dominar uma tecnologia inovadora e exclusiva, que poderá viabilizar economicamente outras oportunidades muito mais rentáveis, antes inviáveis e/ou pouco produtivas.

Sevá Filho (1988) apresentou que o risco tecnológico está relacionado ao ciclo de vida útil de uma tecnologia e o período em que ela se mostra competitiva. Deve-se considerar como ponto de partida a geração da idéia que resultou em um novo produto operado comercialmente por uma organização (firma). O ciclo de vida da tecnologia pode ser apresentado em quatro fases básicas: emergente, crescimento, maturidade e declínio. Quanto mais avançada no ciclo de vida está a tecnologia, menores são os riscos dos empreendedores nela baseados.

Atualmente, o domínio tecnológico alcançado na formação, manejo e

exploração das florestas plantadas, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, veio somar ao rol das vantagens comparativas. Inovações tecnológicas permitiram que a produtividade do *Pinus* saltasse de 17,5 mst/ha.ano para 46 mst/ha.ano entre 1968 e 2000. A produtividade do *Eucalyptus* foi ainda mais espetacular, em termos de crescimento, saindo de 15 mst/ha.ano em 1970 para 25 em 1980; 40 em 1990 e 60 mst/ha.ano em 1997 (REZENDE; COELHO JUNIOR; OLIVEIRA, 2002).

A história da tecnologia florestal mostra que esta revolução não foi produto de um único descobrimento por parte de um único pesquisador. Ao contrário, indica claramente que ela se desenvolveu simultânea e independentemente em diversos lugares. No setor florestal brasileiro a evolução tecnológica parece ter ocorrido exatamente desta forma, pois progressos técnicos ocorridos simultaneamente na silvicultura, no manejo, nos sistemas de colheita, no melhoramento genético, etc., é que possibilitaram o grande salto tecnológico que o setor, como um todo, experimentou (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

Na colheita florestal podem ser citados como exemplo de aperfeiçoamento mecânico disruptivo a substituição das moto-serras pelos *harvesters*.

3.3.2.4 Risco político

A globalização da economia resultou em uma maior preocupação com a discussão do risco político. Segundo Haendel e West (1975), o risco político significa demonstrar de forma relativamente objetiva, resultando em probabilidades de ocorrência de um evento político em um dado país, com isso, convertendo a incerteza política em um risco político. Este processo de

conversão de incertezas em riscos políticos pode gerar mecanismos de avaliação de investimentos no estrangeiro.

Margueron e Carpio (2005) afirmam que a integração internacional está cada vez maior nas atividades produtivas e nas estratégias empresariais, fazendo com que haja uma maior dedicação à compreensão da dinâmica das questões políticas, econômicas e sociais nacionais. A consideração desses processos nas análises dos investidores globais são cada vez mais imprescindíveis para o sucesso e prosperidade das companhias que se lançam em negócios internacionais, uma vez que interferências de ordem política podem resultar em grandes perdas financeiras.

O setor florestal é uma atividade que demanda um longo prazo na produção (florestal), desde o plantio à colheita e é altamente dependente da política econômica e da gestão do país. Os fatores mais evidentes quando há instabilidade econômica são a inflação e os juros altos, que podem inviabilizar economicamente qualquer empreendimento.

3.3.2.5 Risco legal

Duarte Júnior (1999) diz que o risco legal está relacionado às possíveis perdas quando um contrato não pode ser legalmente amparado. Podem-se incluir aqui riscos de perdas por documentação insuficiente, insolvência, ilegalidade, falta de representatividade e/ou autoridade por parte de um negociador, etc.

Segundo Silva (2000), o risco legal pode ser classificado em:

- a) Risco de Legislação: risco de perdas decorrentes de sanções por reguladores e indenizações por danos a terceiros por violação da legislação vigente;
- b) Risco Tributário: risco de perdas devido à criação ou nova interpretação da incidência de tributos;

- c) Risco de Contrato: risco de perdas decorrentes de julgamentos desfavoráveis por contratos omissos, mal redigidos ou sem o devido amparo legal

Como exemplo, cita-se o caso de não cumprimento do contrato realizado pelo fomento florestal privado, isto é, o fomentado vende a madeira para o mercado porque o preço é maior do que o preço pago pelo fomentador.

Contudo, a estabilidade, clareza e credibilidade na relação contratual e regulatória são fundamentais para a atratividade de investimentos estrangeiros, principalmente pelo fato de as aplicações em atividades de produção florestal serem vultuosas e de longo período de maturação.

Nem sempre é fácil diferenciar qual o tipo de risco presente em determinada situação. O tipo de risco pode variar dependendo da ótica sob a qual o problema é observado (SECURATO, 2007).

3.4 Análise de sobrevivência

O termo análise de sobrevivência está muitas vezes ligado a situações médicas envolvendo dados censurados. No entanto, essa técnica é perfeitamente apropriada às áreas da engenharia, ciências sociais e economia. Nesta última área, por exemplo, pesquisadores trabalham em estudos de mudanças de empregos, desempregos, promoções e aposentadoria (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

Muito utilizado em bioestatística, a análise de duração ou de sobrevivência vem ganhando terreno em economia, por exemplo, na economia do trabalho, visando medir quanto tempo uma pessoa fica desempregada (KIEFER, 1988) ou qual a probabilidade de uma greve terminar no próximo período (KENNAN, 1985) ou ainda quanto tempo dura um ciclo econômico. Mais recentemente, modelos foram desenvolvidos para testar a duração de

relações bancárias entre as empresas (ONGENA; SMITH, 1997) e a duração de bolhas especulativas em bolsas de valores (MCQUEEN; THORLEY, 1994). Em Economia, é bastante utilizada nos campos da Economia do Trabalho, para medir a persistência de greves (KENNAN, 1985) ou quanto tempo uma pessoa fica desempregada (KIEFER, 1988).

O interesse da análise de sobrevivência é especificar a variável aleatória não negativa do tempo de falha. Isso é feito por meio de uma função de sobrevivência ou pela função de taxa de falha (COLOSIMO; GIOLO, 2006; BASTOS; ROCHA, 2006).

Há momentos que, por alguma razão, o acompanhamento do objeto em estudo se mostra comprometido, sendo chamado de censura, que é a principal característica de dados de sobrevivência. Nesses casos, toda a informação referente à resposta se resume ao conhecimento de que o tempo de falha é superior àquele observado (COLOSIMO; GIOLO, 2006; BASTOS; ROCHA, 2006).

A função de sobrevivência é definida como a probabilidade de uma observação não falhar até certo tempo t , ou seja:

$$S(t) = P(T \geq t)$$

em que

$S(t)$ = Função de sobrevivência

T = Tempo de falha

t = Tempo de sobrevivência

Há técnicas paramétricas e não paramétricas para se estimar essa função de sobrevivência. Métodos não paramétricos aplicam-se quando a estimação é feita sem nenhuma suposição sobre a distribuição de probabilidade do tempo de sobrevivência. Os métodos paramétricos, comumente usados na área industrial, fazem uso de distribuição de probabilidade na análise estatística dos dados de

sobrevivência. Dos modelos probabilísticos utilizados nesse último tipo de análise é possível citar o modelo exponencial, Weibull, log-normal e logístico por se destacarem em aplicações práticas (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

3.5 Análise das Séries Temporais

Uma série temporal $\{Y_t, t = 1, 2, \dots, n\}$ pode ser definida como um conjunto de observações de uma variável disposta seqüencialmente no tempo e pode ser classificada como determinística ou não-determinística (MORETTIN; TOLOI, 1987). Os valores da série podem ser escritos através de uma função Y aleatória ou não-determinística de uma variável independente t . Na maioria das situações, a função Y_t será uma função do tempo, mas em outras situações pode ser uma função de outro parâmetro físico, como, por exemplo, das condições edafoclimáticas.

Uma característica das séries temporais é que seu comportamento futuro não pode ser previsto exatamente. Por isso, se compararmos uma série temporal de preço de um determinado produto em dois anos distintos, pode-se verificar visualmente que esses dois trechos da série não se parecem um com outro. Essa observação leva à noção de Processo Estocástico (MORETTIN; TOLOI, 1987).

Assim, as análises de séries temporais podem ser usadas em diferentes ramos da ciência como na Medicina, Economia, Estudos Sociais, Geologia, Espaciais, Meteorologia, etc. Estas informações são obtidas ao longo do tempo sob diversas formas: em segundo, minuto, hora, dia, semana, meses, ano etc.

É importante mencionar que existem duas aproximações fundamentais para a análise de séries temporais: análise no domínio do tempo e análise no domínio da frequência. Estas duas aproximações são processadas de forma bem diferente e podem ser vistas como sendo distintas, contudo, não são

independentes, sendo na verdade complementares e ligadas matematicamente (VERNABLES; RIPLEY, 1999).

As análises no domínio da frequência representam as séries de dados em termos de contribuições, ocorrendo em diferentes escalas temporais, ou frequências características. Cada escala temporal é representada por um par de funções seno e cosseno, com base nas funções harmônicas da trigonometria que é representada pela Figura 9.

A série completa é considerada como resultante de efeitos combinados de uma coleção de ondas senoidais e cossenoidais oscilando em diferentes taxas. A soma destas ondas reproduz os dados originais, mas é a intensidade relativa de seus componentes individuais que são de maior interesse. As análises no domínio da frequência ocorrem no espaço matemático, envolvendo transformação dos valores de n dados originais em coeficientes que multiplicam um igual número de funções periódicas (os senos e cossenos) (BLOOMFIELD, 1976).

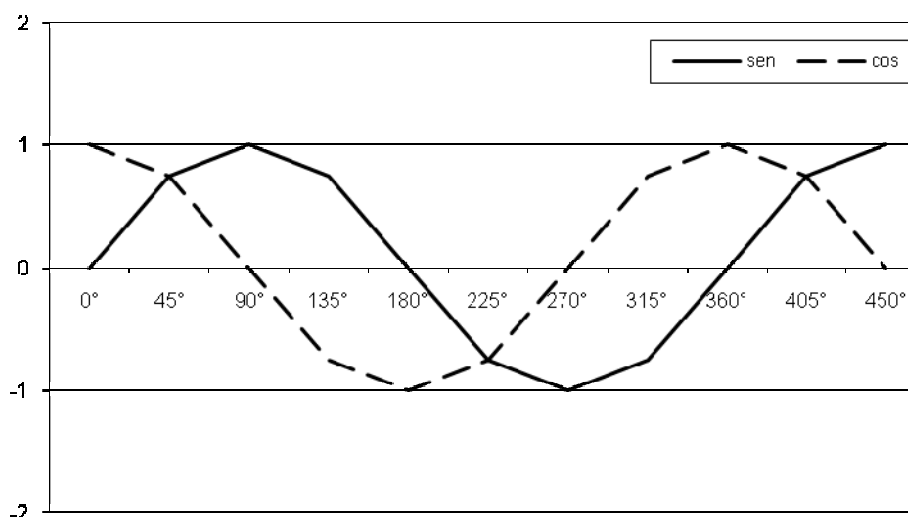


Figura 9 Funções de seno e cosseno.
Fonte: Barreto Filho e Silva (2003).

Estes métodos são comumente aplicados em séries temporais econômicas e são de grande valia para vários propósitos, principalmente para análise de preços.

Por outro lado, as análises de domínio do tempo caracterizam as séries de dados nos mesmos termos em que são observados e reportados. Estas observações podem ser pressupostas, em teoria, pela decomposição Wold. Segundo Wold (1938), as observações presentes podem ser preditas com a soma de uma combinação linear de valores passados de uma série de ruídos e um componente determinístico ortogonal à combinação linear.

A ferramenta básica para caracterizar as relações entre valores da série na aproximação de domínio do tempo é a Função de Autocorrelação. Matematicamente, as análises de domínio do tempo operam no mesmo espaço dos valores da série.

3.5.1 Modelos de Decomposição

No modelo clássico proposto por Wold (1938), há quatro componentes de decomposição para séries temporais: tendência (T), cíclico (C), sazonalidade (S) e variações irregulares ou aleatórias (a). Dadas observações de uma variável (Y) que evolui no tempo (t) são as ações conjuntas que determinam estes movimentos, em que:

$$Y_t = f(T_t, S_t, C_t) + a_t ; t = 1, 2, \dots, n$$

estes componentes podem ser observados na Figura 10.

A tendência (T_t) resulta de um complexo de causas em que a série preços atua continuamente num mesmo sentido ao longo do tempo. As variações cíclicas (C_t), ou de conjuntura, compreendem movimentos ou flutuações que se repetem com regularidade em torno da tendência ocorrida em períodos maiores

que 1 ano. A sazonalidade (S_t) é aquela provocada com certa regularidade dentro do período anual, por exemplo, pelas variações climáticas. As variações irregulares (a_t) são causadas por fatores exógenos, incluindo os fatores catastróficos, como guerra e epidemias, mudanças climáticas, programas de governo, planos econômicos e por fatores aleatórios.

O uso do produto dos componentes de variações implica que a variação relativa em Y é igual à soma das variações relativas de cada componente. No caso específico do carvão vegetal, as variações estacionais de preço são provocadas pelas condições climáticas que afetam a oferta no período chuvoso. O isolamento das variações estacionais dos demais componentes apresenta certa dificuldade em razão da grande interrelação entre eles.

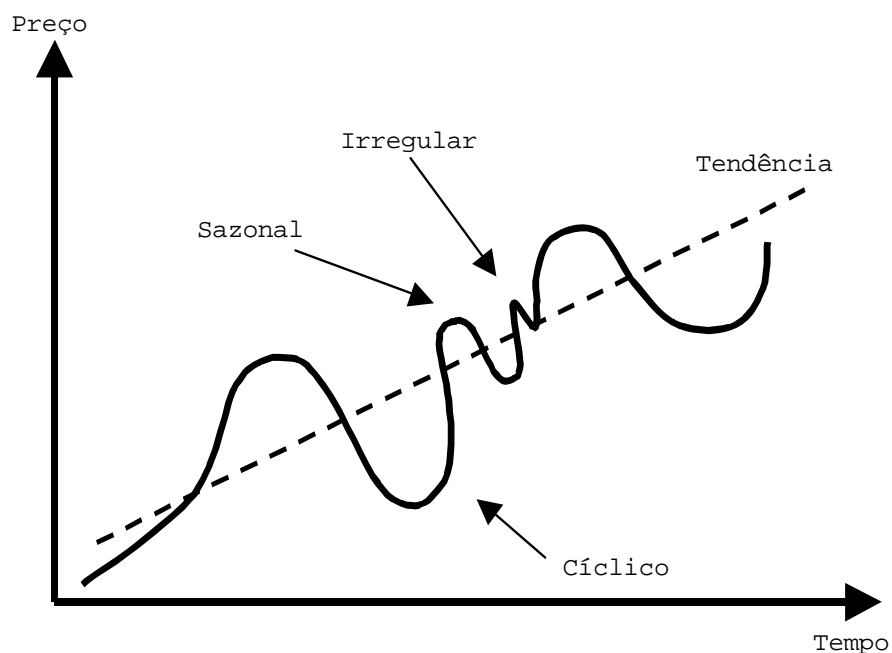


Figura 10 Efeito cíclico, sazonal, irregular e tendência sobre os preços ao longo do tempo.

Fonte: Rezende, Silva e Barros (1988).

3.5.2 Família ARIMA

Os modelos ARIMA (*Autoregressive - Integrated - Moving Average*), introduzidos por Box e Jenkins (1976), baseiam-se na idéia de que uma série temporal não-estacionária, do tipo homogêneo, pode ser modelada a partir de d diferenciações e da inclusão de um componente auto-regressivo p e de um componente média móvel q . Sendo $\{Y_t\}$ um processo que pode ser descrito através de uma modelagem $ARIMA(p, d, q)$ da seguinte forma:

$$\phi_p(B)Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t$$

onde, $Z_t = \begin{cases} Y_t, & \text{se o processo é estacionário, quando } d = 0 \\ (1-B)^d Y_t, & \text{se o processo não é estacionário, quando } d \geq 1 \end{cases}$

A ponderação da diferenciação de Y_t corresponde a um modelo

$$ARIMA(p, d, q) \text{ com: } \phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t$$

em que, $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ é o operador auto-regressivo de ordem p [$AR(p)$], $\theta_0 = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$ é o intercepto ou a constante, $\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ é o operador de média móvel de ordem q [$MA(q)$] e a_t é um processo de ruído branco (*white noise*). Se a constante θ_0 for diferente de zero, a série integrada proporcionará uma tendência determinística, ou seja, a série apresenta uma tendência crescente ou decrescente, que é independente dos distúrbios aleatórios (PINDYCK; RUBENFIELD, 1991).

A identificação do modelo consiste em determinar sua ordem com base no "princípio de parcimônia". Para isto, serão utilizadas as análises no domínio do tempo (BOX; JENKINS, 1976) e no domínio da frequência (BLOOMFIELD, 1976), sendo os dois enfoques fundamentais para a análise de séries temporais. Estes enfoques são diferentes e podem ser vistos como distintos, contudo, não

são independentes, sendo na verdade complementares e ligados matematicamente.

Após a identificação e escolha do modelo apropriado, é necessário estimar os parâmetros ϕ 's do processo AR, os parâmetros θ 's do processo MA. As estimativas dos parâmetros foram feitas pela distribuição gaussiana através do método dos mínimos quadrados, satisfazendo às condições de invertibilidade e unicidade dos parâmetros.

Para verificar se é ruído branco, é necessário fazer os diagnósticos do modelo proposto através das análises dos resíduos padronizados, resíduos da função de Autocorrelação (ACF), resíduos da Função de Autocorrelação Parcial (PACF), do *portmanteau test* e pelo Critério de Informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1977; BOX; PIERCE, 1970).

Algumas situações, principalmente envolvendo séries econômicas e financeiras, apresentam volatilidade que varia com o tempo. Os modelos lineares da Família $ARIMA(p, d, q)$ não são ajustados para descrever este tipo de comportamento, sendo necessário adequar modelos não-lineares, como os modelos da Família ARCH (MORETTIN; TOLOI, 2006).

3.5.3 Família ARCH

Os modelos da família ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), preconizados por Engle (1982), se relacionam à variância condicional que evolui no tempo. Estes modelos baseiam-se na idéia de que o retorno X_t é não correlacionado serialmente, mas a variância condicional (volatilidade) é uma função quadrática dos retornos passados.

O modelo ARCH (r) pode ser descrito da seguinte forma:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \dots + \alpha_r X_{t-r}^2$$

onde, $\varepsilon_t \sim (0,1)$ ou $\varepsilon_t \sim t_\nu$ (distribuição t de Student com ν graus de liberdade) é uma seqüência de variáveis aleatórias independentes identicamente distribuídas (i.i.d.), $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i > 0$, $i > 0$.

Algumas condições devem ser consideradas para os valores dos coeficientes α_i , devido ao tipo de imposição que insere no processo X_t . Uma destas condições é que a variância condicional dada por σ^2 seja $Var = (X_t^2 | F_{t-1})$, sendo, F_{t-1} = ao conjunto de observações até o instante t .

O modelo de volatilidade estocástica para uma série X_t é:

$$X_t = \sigma_t \varepsilon_t$$

$$\sigma_t = \exp(h_t/2)$$

onde ε_t é uma seqüência estacionária $(0,1)$ e h_t é uma seqüência que pode ser estacionária ou não. Contudo, a fórmula mais simples do modelo ARCH (s) supõe que o logaritmo de volatilidade h_t seja dado por $h_t = \alpha_0 + \alpha_1 h_{t-1} + n_t$ sendo, $n_t \sim N(0, \sigma_n^2)$, $|\alpha_1| < 1$

A alta persistência na volatilidade das séries de retornos faz com que o valor de r seja elevado no modelo ARCH, ou seja, necessita-se de um grande número de parâmetros estimados. Bollerslev (1986) propôs o modelo GARCH (Generalized ARCH), que é uma generalização do modelo ARCH.

O GARCH expressa, alternativamente, de forma mais parcimoniosa, a dependência temporal da variância condicional, no sentido de apresentar menos parâmetros do que o modelo ARCH. O modelo GARCH (r, s) pode ser descrito da seguinte forma:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j h_{t-j}$$

em que ε_t i.i.d. $(0,1)$; $\alpha_0 > 0$; $\alpha_i \geq 0, i = 1, \dots, r$; $\beta_j \geq 0, j = 1, \dots, s$;

$$\sum_{j=1}^q (\alpha_i + \beta_j) < 1; \quad q = \max(r, s).$$

Para construir um modelo da família ARCH, deve-se primeiro ajustar um modelo ARMA, para retirar a correlação serial. Após a construção do modelo ARMA, é necessário verificar se a série apresenta heteroscedasticidade condicional, por meio do teste de Box-Pierce-Ljung para X_t^2 e o teste de multiplicadores de Lagrange, proposto por Engle (1982).

O método da máxima verossimilhança é empregado, na maioria das modelagens, envolvendo modelos de variância estocástica, tendo características não tendenciosas e consistentes de estimação de parâmetros. Se os distúrbios não apresentarem distribuição normalmente distribuída, pode-se usar o método da quasi-máxima verossimilhança.

Para estimar os parâmetros do modelo GARCH pode-se utilizar o método da máxima verossimilhança condicional. Mesmo que a distribuição não seja gaussiana, segundo Bollerslev e Wooldridge (1992), pode-se assumir que os distúrbios sejam gaussianos.

Para a seqüência \tilde{X}_t , é necessária a verificação da adequação do modelo proposto, que é feita pela estatística Q de Ljung-Box. Os resíduos do modelo são variáveis aleatórias i.i.d., verificados pelo Teste t -Student ou distribuição normal padrão e avaliados por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC).

A prognose de t passos à frente, com origem em t , são dadas por

$$\hat{h}_t(t) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i \hat{h}_t(t-i) + \sum_{j=1}^s \beta_j \hat{h}_t(t-j)$$

em que $\hat{h}_i(t-i) = X_{t+i}^2$ se $t-i \leq 0$ e $\hat{h}_i(t-j) = X_{t+i}^2$ se $t-j \leq 0$.

3.6 Redes Neurais artificiais

As *redes neurais artificiais* (RNA) são um ramo da Inteligência Artificial que possuem a capacidade de se adaptar e de aprender a realizar uma certa tarefa, ou comportamento, a partir de um conjunto de exemplos dados (OSÓRIO; BITTENCOURT, 2000). A *rede neural*, em sua forma mais geral, é uma máquina projetada para modelar a maneira como o cérebro realiza uma tarefa particular ou função de interesse; a rede é normalmente implementada via componentes eletrônicos ou via simulação por programação em um computador digital (HAYKIN, 1999).

A Figura 11 apresenta a rede neural como uma forma alternativa computacional semelhante ao funcionamento do cérebro humano, na solução de problemas de reconhecimento de padrões.



Figura 11 Computação neural.
Fonte: Osório e Bittencourt (2000).

As redes neurais nada mais são do que ferramentas de aproximação de funções que aprendem a relação entre variáveis independentes e dependentes, à semelhança da *regressão* ou outras abordagens mais tradicionais.

A principal diferença entre redes neurais e as abordagens estatísticas está no fato de que as redes neurais não estabelecem hipóteses ou suposições sobre a distribuição ou propriedades dos dados e, desta forma, tendem a ser mais úteis em situações práticas. As RNA constituem também uma abordagem inerentemente *não linear*, fornecendo mais precisão quando modelando dados de padrões complexos. Existem vários tipos de redes, cada uma com diferentes objetivos, arquitetura e algoritmo de aprendizagem (SMITH; GUPTA, 2000).

Uma rede neural é formada pela interconexão de um grande número de unidades de processamento não linear denominadas *neurônios*, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso. Warner e Misra (1996) afirmam que a rede neural se assemelha ao cérebro em dois aspectos:

- a) O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem.
- b) Forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido.

A estrutura interna de uma rede neural pode envolver somente caminhos diretos, somente caminhos indiretos ou ambos.

3.6.1 Principais propriedades das redes neurais artificiais

Para Smith e Gupta (2000) as principais propriedades das redes neurais artificiais são:

- a) Não-linearidade - essa propriedade é atribuída às RNA devido à característica não linear dos neurônios da rede, característica esta de

grande utilidade, pois os mecanismos físicos de geração de grande parte dos sinais são não lineares (por exemplo: sinal de voz).

- b) Poucas considerações estatísticas - a rede neural tem a capacidade de “aprender” sobre as características do ambiente no qual ela opera, desde que os dados utilizados para o seu “aprendizado” sejam suficientemente representativos.
- c) Aprendizado - a rede neural proporciona a capacidade de aprender sobre os dados por ela manipulados durante um período de treinamento dedicado a esse fim.

3.6.2 Aplicações das redes neurais artificiais

Para Pereira e Rodrigues (1998) os usos das redes neurais são inúmeros, atendendo a diferentes tipos de tarefas, como:

- a) reconhecimento de padrões (exemplo: reconhecimento de faces humanas);
- b) classificação de dados (exemplo: reconhecimento ótico de caracteres);
- c) predição (exemplo: previsão de séries temporais, como cotações em bolsa de valores ou também para diagnóstico médico);
- d) controle de processos e aproximação de funções (exemplo: robótica);
- e) análise e processamento de sinais;
- f) filtros contra ruídos eletrônicos;
- g) análise de imagens e de voz;
- h) avaliação de crédito.

Além dessas, há diversas outras possibilidades, já que as pesquisas na área estão em contínuo desenvolvimento, surgindo novas aplicações a cada dia. No campo florestal alguns trabalhos já foram realizados, principalmente, no geoprocessamento para classificação de imagens tais como os trabalhos de Schoeninger et al. (2008) e no manejo florestal para ajuste de modelos dendrométricos como os trabalhos de Silva et al. (2009). Contudo, aparentemente, não há trabalhos específicos usando as redes neurais em economia florestal.

3.6.3 Redes neurais e estatística

As redes neurais apresentam algumas similaridades com os modelos estatísticos. Medeiros, Teräsvirta e Rech (2006), por exemplo, na resolução de um problema utilizando a técnica de regressão linear que apresenta como

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^{p-1} \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i,$$

verificaram semelhança de forma com a saída de um neurônio que pode ser expressa por $v_j(n) = \sum_{i=0}^m w_{ji}(n)x_i(n)$. A Tabela 9 mostra as terminologias usadas na modelagem estatística e redes.

As redes neurais funcionam como um tipo de modelo de regressão não paramétrica, viabilizando modelagens de formas funcionais complexas. As redes neurais são úteis quando não se sabe a relação funcional entre variáveis dependentes e independentes, pois usa os dados para determinar o relacionamento funcional entre as variáveis dependentes e independentes, sendo que a rede neural dependente dos dados mostra um desempenho melhor em função do tamanho da amostra (WARNER; MISRA, 1996).

Tabela 9 Terminologias utilizadas para modelos estatísticos e redes neurais.

Redes neurais	Modelos estatísticos
Entrada de rede	Variáveis independentes, regressões
Saída de rede	Valores previstos
Valores de treinamento, alvo	Variáveis independentes
Erro	Resíduos
Treinamento, aprendizagem, adaptação, organização própria	Estimação
Função de erro, função de custo	Critério de estimação
Padrões	Observações
Pesos	Estimativas dos parâmetros
Neurônios intermediários	Interações
Conexões funcionais	Transformações
Aprendizado supervisionado	Regressão e análise discriminante
Aprendizagem não-supervisionado	Redução de dados, análises de componentes principais
Aprendizado competitivo	Análise de grupos

Fonte: Pereira e Rodrigues (1998).

A regressão pode ter desempenho melhor quando a teoria ou experiência indicam um padrão subjacente. A regressão também pode ser a melhor alternativa para amostras extremamente pequenas (WARNER; MISRA, 1996).

O modelo de regressão é a técnica mais adequada quando se tem o interesse de construir uma função que represente dados que apresentam monotocidade linear (IMAN; CONOVER, 1979).

A grande vantagem da regressão utilizando métodos dos mínimos quadrados ordinários (MQO) é a utilização de poucas informações de dados observados, comparado a outros algoritmos, para se chegar a valores assintóticos (GALINDO-FLORES, 1998).

3.7 Mercado de capitais

O mercado de capitais é um sistema de distribuição de valores mobiliários, que tem o propósito de proporcionar liquidez aos títulos de emissão

de empresas e viabilizar seu processo de capitalização. No mercado financeiro, o mercado de capitais é responsável em promover a riqueza nacional por meio da participação da poupança de cada agente econômico, seja interno ou externo (ASSAF NETO, 2007).

As empresas visam a ampliar seu parque industrial, investem em novas tecnologias para desempenhar melhores produtividades, e expandem seus negócios com a criação de pólos. Para que isto ocorra, estes aglomerados ou qualquer outro investimento necessitam de um de capital (HISSA, 2008).

Estas empresas podem se beneficiar através de empréstimos bancários seja do setor privado ou do setor público. O melhor meio de capitalização de uma empresa de médio a grande porte é com recurso de longo prazo, com um custo mais baixo via abertura de capital, tornando uma Sociedade Anônima (S.A) (CAVALCANTE; MISUMI, 2001).

A ação é a menor parte do capital da empresa e quando adquirida, o respectivo possuidor torna-se sócio da mesma e não um credor. Com a abertura de capital, a empresa torna-se mais eficiente devido à transparência da administração, tornando-se profissionalizada, uma imagem de uma empresa séria, atendendo expectativas dos acionistas que esperam um retorno (HISSA, 2008).

As ações são títulos de renda variável, pois, não se tem certeza do rendimento futuro que pode ser positivo ou negativo (ASSAF NETO, 2007).

A forma de rendimento de uma ação é pela valorização de seu preço no mercado ou por distribuição de dividendos. Montella (2003) afirma que o dividendo é a parte do lucro da empresa que cabe a cada acionista. Quanto maior o número de ações adquiridas, maior o dividendo recebido.

A comercialização das ações pode se dar por meio do mercado primário ou secundário. No mercado primário é quando há o lançamento da ação, é

quando as empresas necessitam de recursos para financiar projetos (CAVALCANTE; MISUMI, 2001).

A capitalização no mercado secundário se dá por negociações, em Bolsas de Valores ou em Mercado de Balcão em que as negociações referentes a esse mercado não financiam as empresas, pois é uma troca de títulos entre acionistas que tem como função dar liquidez ao mercado (ASSAF NETO, 2007).

Em economias que foram desenvolvidas com uma grande participação do mercado acionário há uma pulverização das ações sendo que um investidor ou grupo de investidores assumem o controle da companhia com menos de 5% de participação acionária (ASSAF NETO, 2007).

As ações preferenciais não dão ao seu detentor o direito a voto, mas a prioridade no recebimento de dividendos com um valor percentual maior ao pago pelas ações ordinárias e, em caso de dissolução da empresa, prioridade no reembolso de capital. O principal interesse de quem detém ações preferenciais é o lucro, sendo mais importante que o controle da empresa (ASSAF NETO, 2007).

Na Bolsa de Valores é que são negociadas as ações preferenciais e ordinárias. As bolsas são associações sem fins lucrativos que oferecem um ambiente propício para a negociação de títulos mobiliários (ações) com total transparência, isonomia das informações entre os acionistas e segurança nas transações.

A principal Bolsa de Valores brasileira é a Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA), que é fiscalizada pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), tendo como membros as Sociedades Corretoras (corretoras).

A CVM é um órgão fiscalizador e regulador do mercado de capitais com um papel importante no relacionamento da empresa com o acionista, pois fornece informações precisas sobre as empresas de capital aberto. As corretoras são instituições financeiras que possuem títulos patrimoniais da Bovespa e

detêm exclusividade nas transações. Se um investidor quiser comprar ou vender uma ação precisa se cadastrar em alguma corretora para que execute sua ordem, a mesma deve possuir credenciais do Banco Central do Brasil (BACEN), CVM e da Bovespa (CAVALACANTE; MISUMI, 2001).

As ações adquiridas ficam em poder da Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia (CBLC), dando uma maior segurança ao investidor. As corretoras só fazem a transação de compra e venda enquanto a CBLC faz a custódia. Em caso de falência da corretora as ações estão seguras.

No Brasil as ações são negociadas na Bovespa através de lotes, que podem ser o lote padrão ou o lote fracionário. Para Assaf Neto (2007) “o lote padrão estabelece uma quantidade mínima de títulos para negociação no mercado” e o mais utilizado contém 100 ações por lote. No mercado fracionário a negociação é inferior ao lote padrão, em que são negociadas qualquer quantidade, podendo ser em até uma ação.

A operação pode ser no mercado à vista, a termo ou de opções. No mercado à vista o preço da ação é estabelecido em um determinado instante de sua cotação e a transferência de titular ocorre em um curto espaço de tempo. Segundo Assaf Neto (2007), a entrega dos títulos é feita no segundo dia de negociação quando a corretora os recebe e repassa ao investidor, finalizando a operação física.

No mercado a termo Hissa (2008) assinala “Compra-se ou vende-se o ativo hoje para ser liquidado em data futura, que formado pelo preço a vista mais uma taxa de juros”, e no mercado de opções o investidor tem direitos de exercer ou não um contrato futuro com preços já determinados.

Devido à oscilação no mercado variável o investimento em ações torna-se arriscado por não se saber o retorno e principalmente a hora certa de entrar e comprar uma ação com seu menor preço (vale) e sair vendendo a ação com o seu valor maior (pico). Mas sendo um investimento para um longo prazo a

volatilidade torna-se menos importante que a evolução econômica interna e externa

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A economia industrial apresentou grande evolução teórica nas técnicas de mensuração de estruturas de mercado;

O setor florestal é complexo e dinâmico, principalmente o mercado brasileiro;

A mensuração do risco no setor florestal é necessário devido ao processo de globalização.

As técnicas de análise de sobrevivência apresentam como alternativas para mensuração do risco.

Os modelos de séries temporais e as redes neurais artificiais também são metodologias adequadas para a solução de problemas florestais.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. On entropy maximization principle. In: KRISHAIAH, P. R. (Ed.). **Application of statistics**. Amsterdam: North-Holland, 1977. p. 27-41.

ALFARO, L. G. J. **Localização econômica dos reflorestamentos com eucalipto, para a produção de carvão, no estado de Minas Gerais**. 1985. 147p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – AGRIANUAL. São Paulo: FNP, 2007.

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 312 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Madeira processada mecanicamente: estudo setorial 2008**. Curitiba, 2008. Disponível: <www.abimci.com.br>. Acesso em: 05 jun. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. **Nossos produtos**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 11 jun. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Relatório estatístico da Bracelpa -1998/2009**. São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008**. Brasília, 2009. 90p.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Anuário estatístico**. Belo Horizonte, 2009.

AZEVEDO, P. F. Organização Industrial. In: PINHO, D. B.; VASCONCELLOS, M. A. S. (Org.). **Manual de economia da equipe de professores da FEA-USP**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 195-222.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. Matemática aula por aula. 1. ed. v.3. São Paulo: FTD, 2003. 336 p.

BASTOS, J.; ROCHA, C. Análise de sobrevivência: métodos não paramétricos. **Arquivos de Medicina**, Curitiba, v. 20, n. 5/6, p.111-114, 2006.

BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses: a fascinante história do risco**. 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 389 p.

BLOOMFIELD, P. **Fourier analysis of times series: an introduction**. New York: J. Wiley, 1976. 288p.

BOLLERSLEV, T. Generalized autorregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 307-327, Apr. 1986.

BOLLERSLEV, T; WOOLDRIDGE, J. M. Quasi-maximum likelihood estimation and inference in dynamic models with time-Varying CoVariances. **Econometric Reviews**, New York, v. 11, n. 2, p. 143-172, July/Sept. 1992.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976. 575 p.

BOX, G. E. P.; PIERCE, D. A. Distribution of residuals autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, v. 65, n. 332, p. 1509-1526, Dec. 1970.

BRAGA, H. C.; MASCOLO, J. L. Mensuração da concentração industrial no Brasil. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 399-454, ago. 1982.

BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 set. 1965.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. **Sistema Aliceweb**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 15 ago. 2009.

BUREAU OF LABOR STATISTIC. **Consumer price index**. Washington: Department of Labor, 2007. Disponível em: <<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.request/cpi/cpia1.txt>>. Acesso em: 03 Dez. 2007.

CAVALCANTI, F.; MISUMI, J. Y. **Mercado de capitais**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 334 p.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, New Series, London, v. 4, n. 16, p. 386-405, Nov. 1937.

COELHO JUNIOR, L. et al. Análise temporal do preço do carvão vegetal oriundo de floresta nativa e de floresta plantada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba: n. 70, p. 39-48, abr. 2006.

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise temporal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais**. 2004. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

COELHO JUNIOR, L. M. et al. O setor florestal no processo de industrialização brasileira. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, 5., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: UNB, 2008. v. 5, p. 803-816.

COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. **Análise de sobrevivência aplicada**. São Paulo: E. Blücher, 2006. 369 p.

CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Programa de Nacional de Celulose e Papel**. Brasília, 1974, 56 p.

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos: ferramentas e técnicas para determinação do valor de qualquer ativo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997. 630 p.

DEQUECH, D. Fundamental uncertainty and ambiguity. **Eastern Economic Journal**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 41-60, June 2000.

DIAS, M. A. G. **Investimento sob incerteza em exploração & produção de petróleo**. 1996. 464 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

DIXIT, A. K.; PINDICK, R. S. **Investment under uncertainty**. Princeton: Princeton University, 1994. 468 p.

DORES, A. M. B. et al. **Panorama setorial: setor florestal, celulose e papel**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2008. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/liv_perspectivas/04.pdf>. Acesso em: 18 set. 2008.

DUARTE JÚNIOR, A. M. et al. **Gerenciamento de riscos corporativos:** classificação, definição e exemplos. São Paulo: BM&F, 1999.

ENGLE, R. F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U. K. inflation. **Econometrica**, Chicago, v. 50, n. 4, p. 987-1008, July 1982.

FERREIRA, T. C. et al. Rotação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para produção de celulose. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 222-241, jul./dez., 2004.

FLEISCHER, G. A. **Teoria da aplicação do capital:** um estudo das decisões de investimento. São Paulo: E. Blücher, 1988. 272 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistics Division**. Rome, 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the world's forests**. Rome, 2007. 144 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the world's forests**. Rome, 2009. 152 p.

FOOD AND ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AGRICULTURE. **State of the world's forests**. Rome, 1988. 135 p.

GALINDO-FLORES, J. **Statistical and machine learning frameworks for economics:** analysis of error curves and applications to derivatives pricing and credit risk assessment. 1998. 182 p. Thesis (Ph.D. in Economics) - Harvard University, Harvard, 1998.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira:** essencial. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 610 p.

HAENDEL, D.; WEST, G. T. **Overseas investment and political risk**. Lexington: Lexington Books, 1975.

HALL, R. L.; HITCH C. J. Price theory and business behaviour. **Economic Papers**, Oxford, v. 2, n. 1, p. 12-45, Jan. 1939.

HAYKIN, S. **Neural Networks**: a comprehensive foundation. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey: 1999, p 218.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the steel industry**. 1950. 175 p. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.

HILGEMBERG, E. M.; BACHA, C. J. C. A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 19, n. 36, p.145-164, set. 2001.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1989. 453 p.

HIRSCHMAN, A. O. **National power and the structure of foreign trade**. Berkley: University of California, 1945. 172 p.

HISSA, M. B. **Sobreviva na bolsa de valores**. 3. ed. São Paulo: Elsevier, 2008. 248 p.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 3. ed. rev. ampl. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. 430 p.

IMAN, R. L.; CONOVER, W. J. The use of the rank transform in regression, **Technometrics**: a journal of statistics for the physical, chemical and engineering sciences, Washington, v. 21, n. 4, p. 499-509, Nov.1979.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **BNDES 50 Anos**: histórias setoriais: o setor de celulose e papel. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento econômico e Social, 2002. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/cel90.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2008.

KENNAN, J. The duration of contract strikes in U.S. manufacturing. **Journal of Econometrics**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 5-28, Apr. 1985

KIEFER, N. M. Economic duration data and hazard functions. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 24, n. 1, p. 646-679, Mar. 1988.

KNIGHT, F. H. **Choice under risk and uncertainty**: general Introduction. Disponível em: <<http://cepa.newschool.edu/het/essays/uncert/intrisk.htm>>. Acesso em: 17 set. 2007.

KON, A. **Economia industrial**. São Paulo: Nobel, 1999. 212 p.

LABINI, P. S. **Oligopólio e progresso técnico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1980. 306 p.

LIMA, W. de P. **Impactos da cultura do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: USP, 1993. 301 p.

LOPES, C. R. A.; CONTADOR, C. R. **Análise da indústria de papel e celulose no Brasil**. Rio de Janeiro: PUC-RJ, 1998. 15 p. Disponível em: <<http://www.geocities/eureka/empresas/1900/palestras/artigo-coppead.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2009.

MARGUERON, M. V.; CARPIO, L. G. T. Processo de tomada de decisão sob incerteza em investimentos internacionais na exploração & produção *offshore* de petróleo: uma abordagem multicritério. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 331-348, set./dez. 2005.

MASON, E. S. Price and production policies of large-scale enterprise. **The American Economic Review**, Nashville, v. 29, n. 1, p. 61-74, mar. 1939.

MCQUEEN, G.; THORLEY, S. Bubbles, stock returns, and duration dependence. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Seattle, v. 29, n. 3, p. 379-401, Sept. 1994

MEDEIROS, M.; TERÄSVIRTA, T.; RECH, G. Building neural network models for times series: a statistical approach. **Journal of Forecasting**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 49-75, Jan. 2006.

MINSKY, H. P. **Stabilizing an unstable economy**. New Haven: Yale University, 1986.

MONTEBELLO, A. E. S. **Análise da evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005**. 2006. 114 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006.

MONTELLA, M. **Decifrando o economês**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003. 168 p.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: E. Blücher, 2006. 538 p.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987. 436 p.

ONGENA, S. R. G.; SMITH, D. C. **Empirical evidence on the duration of bank relationships**. Norwegian: Norwegian School of Management, 1997. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2225>>. Acesso em: 15 ago. 2009.

OSÓRIO, F.; BITTENCOURT, J. R. Sistemas inteligentes baseados em RNAs aplicados ao processamento de imagens. In: WORKSHOP DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 2000, Santa Cruz do Sul. **Anais...** Santa Cruz do Sul: UNISC, 2000. p. 1-30.

PAULA, G. M. Consumo de energia na siderurgia brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 20., 1992, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Anpec, 1992. 1 CD-ROM.

PEREIRA, B. B.; RODRIGUES, C. V. S. Redes neurais em estatística. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 13., 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sinape, 1998. p. 13-20.

PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric models and economic forecasts**. 3. ed. New York: McGrawHill, 1991. 565 p.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 641 p.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986. 362 p.

PORTER, M. E. How competitive forces shape strategy. **Harvard Business Review**, Boston, v. 57, n. 2, p. 137-145, Mar./Apr. 1979.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio: economia e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

POSSAS, M. L. et al. **Ensaio sobre economia e direito da concorrência**. São Paulo: Singular, 2002. 238 p.

REBELO, F. **Riscos naturais e ação antrópica: estudos e reflexões**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003. 286 p.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p.11-42.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; OLIVEIRA, A. D. Economia florestal mineira vis-à-vis economia florestal brasileira. In: SIMPÓSIO DE SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 1-29.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 389 p.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 386 p.

REZENDE, J. L. P.; PAULA JÚNIOR, G. G.; RIBEIRO, G. A. Técnicas de análise econômicas usadas na tomada de decisões referentes à reforma de eucaliptais. In: SEMINÁRIO SOBRE ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA REFORMA DE EUCALIPTAIS 1987, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV/SIF, 1987. p. 1-28.

REZENDE, J. L. P.; SILVA, A. A. L.; BARROS, A. A. A. Variação estacional dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais - Período de 1981-1987. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 12, n. 2, p. 146-155, mar./abr. 1988.

REZENDE, J. L. P.; SILVA, A. A. L.; PAULA JUNIOR, G. G. Análise econômica da substituição de povoamentos de eucaliptos: caso do ciclo terminal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 3, p. 301-308, maio/jun. 1992.

ROSENBLUTH, G. Measures of concentration. In: STIGLER, G. J. (Ed.). **Business concentration and price policy by national bureau of economic research**. Princeton: Princeton University, 1955. p. 55-98.

ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção da Floresta com Araucária? **Pesquisa Floresta Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 75-85, jul./dez. 2007.

ROVERE, E. L. L. Energia e meio ambiente. In: MARGULIS, S. (Ed.). **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. 2. ed. Brasília: IPEA, 1996. 246 p.

SÁ, G. T. **Administração de investimentos**: teoria de carteiras e gerenciamento do risco. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. 76 p.

SCHERER, F. M. **Industrial market structure and economic performance**. Chicago: Rand McNally, 1970. 576 p.

SCOLFORO, J. R. S.; HOSOKAWA, R. T. Avaliação da rotação econômica para *pinus caribaea var. hondurensis* sujeito a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 16, n. 1, p. 43-58, jan./fev. 1992.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Um sistema de crescimento e produção com simulador de desbaste. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 50, p. 51-64, dez. 1996.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. 2. ed. São Paulo: Saint Paul, 2007. 264 p.

SECURATO, J. R. **Decisões financeiras em condições de risco**. São Paulo: Atlas, 1996. 244 p.

SEVÁ FILHO, A. O. **No limite dos riscos e da dominação: a politização dos investimentos industriais de grande porte**. 1988. 221 p. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências da Universidade de Campinas, 1988.

SCHOENINGER et al. Uso de redes neurais artificiais como uma alternativa para mapeamento de biomassa e carbono orgânico no componente arbóreo de florestas naturais. **Ambiência**, Guarapuava, v.4, n.3, p. 529 – 549, Set./Dez. 2008.

SILVA, E. Funções ambientais dos reflorestamentos de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 5-6, fev. 1996.

SILVA, J. P. da. **Gestão e análise de risco de crédito**. São Paulo: Atlas, 2000, 75 p.

SILVA, M. L. M. et al. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **Revista Árvore**, vol.33, n.6, p. 1133-1139, nov./dez. 2009.

SINGER, P. **A crise do milagre**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976. 167 p.

SMITH, K. A.; GUPTA, J. N. D. Neural networks in business: techniques and applications for the operations researcher. **Computers and Operations Research**, New York, v. 27, n. 11, p. 1023-1044, Sept. 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Aspectos sócio-econômicos do setor florestal em 2007**. São Paulo, 2008. Disponível em: <www.sbs.org.br>. Acesso em: 21 set. 2009

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 142 p.

TUNG, Y. K. **Uncertainty and reliability analysis in water resources engineering**. Hong Kong: Hong Kong University of Science & Technology, 1993. Disponível em: <http://www.ucowr.siu.edu/updates/pdf/V103_A3.pdf>. Acesso em: 21 set. 2007.

VALENÇA, A. C. V.; MATTOS, R. L. G. **A década de 90**: mercado de celulose. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento econômico e Social, 2001. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/cel90.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2009.

VALENÇA, A. C. V.; MATTOS, R. L. G. **Produtos florestais**: celulose e pastas para fabricação de papel. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 1998. 7 p.

VALENTE, O. F. Carbonização de madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 74-82, set. 1987.

VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L. Desempenho das exportações brasileiras de celulose. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1017-1023, nov./dez. 2006.

VENABLE, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistic with S-PLUS**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1999. 501 p.

VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL S.A. Investidores: informações financeiras: informações históricas. **Fibria**, São Paulo, 2009. Disponível em: <www.vcp.com.br>. Acesso em: 29 out. 2008.

WARNER, B.; MISRA, M. Understanding neural networks as statistical tools. **American Statistician**, Washington, v. 50, n. 4, p. 284-293, Nov. 1996.

WOLD, H. O. **A study in the analysis of stationary time series**. Sweden: Uppsala, 1938. 214 p.

ZAMORA, M. **Análisis de la información sobre productos forestales no madereros en America Latina.** San Tiago: FAO, 2001. 88 p.

SEGUNDA PARTE

ARTIGOS*

* Sem identificação de periódico com as normas da NBR 6022.

ARTIGO 1**CONCENTRAÇÃO DE MERCADO DAS EXPORTAÇÕES DE
PRODUTOS FLORESTAIS****RESUMO**

O objetivo desse trabalho foi analisar o grau de concentração das exportações mundiais de produtos florestais no período 1961-2008. Os dados utilizados estão disponíveis na Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimento. O grau de concentração foi determinado por meio da Razão de Concentração (*RC*), Índice de Herfindahl-Hirschman (*HHI*), Índice de Entropia de Theil (*E*) e Índice de Gini (*G*). As principais conclusões foram: a representação brasileira no agregado exportações mundiais de produtos florestais é crescente ao longo do tempo; em ordem decrescente, a concentração das exportações de produtos florestais é celulose, madeira serrada, papel e papelão, madeira base para painéis, madeira para fins industriais e energia; houve redução na concentração das exportações mundiais de produtos florestais ao longo do tempo; segundo a classificação de Bain, a razão de concentração dos quatro e oito maiores exportadores de produtos florestais é moderadamente baixa; os índices sumários (Índice Herfindahl-Hirschman, Índice de Entropia de Theil, índice de Gini) indicaram alto grau de concentração das exportações mundiais de produtos florestais.

Palavras-chave: Economia florestal. Concentração industrial. Mercado internacional.

ARTICLE 1**MARKET CONCENTRATION OF EXPORTS OF FOREST
PRODUCTS****ABSTRACT**

The aim of this study was to analyze the degree of concentration of world exports of forest products in the period 1961-2008. The used data are available at the United Nations Food and Agriculture Organization. The degree of concentration was determined by the concentration ratio (CR), the Herfindahl-Hirschman Index (HHI), the Theil Entropy Index (E) and the Gini Index (G). The main conclusions were: the Brazilian delegation in the aggregate world exports of forest products is increasing over time; In descending order, the concentration of exports of forest products and pulp, lumber, paper and cardboard, wood base panels, and wood for industrial energy, decreased concentration of world exports of forest products over time; according to the classification of Bain, the concentration ratio of the four and eight largest exporters of forest products is moderately low; indexes summaries (Herfindahl-Hirschman Index, Theil Entropy, Gini Index) indicated a high degree of concentration of world exports of forest products.

Key-words: Forest economy. Industrial concentration. The international market.

1 INTRODUÇÃO

A globalização intensificou o processo de comercialização, base de novos modelos organizacionais, das corporações transnacionais. As políticas públicas enfatizadas na redução das distâncias internacionais, incentivada pela evolução tecnológica dos processos de produção e comunicação, consistindo em cenários regionais cada vez mais interligados (LERDA, 1996).

Em 2005, o planeta Terra tinha pouco menos de 4 bilhões de hectares de floresta, cobrindo cerca de 30% da área terrestre. As florestas são distribuídas de forma desigual em todo o mundo. Dos 229 países, apenas 43 detêm área florestal superior a 50% de seu território, enquanto 64 países possuem área de floresta menor que 10% (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2007).

A demanda por produtos de madeira é um dos principais motores da atividade florestal. Segundo a FAO (2009), em 2006, o setor florestal contribuiu com aproximadamente US\$ 468 bilhões ou 1% do Produto Interno Bruto global. Juntos os maiores países (Rússia, Canadá, China, Estados Unidos e Brasil), representaram mais de metade da área florestal do globo terrestre.

O crescimento externo de uma economia está associado com as estratégias de diversificação, principalmente, em mercados pouco explorados, mas com potencial de desenvolver, conjugada à própria necessidade de conseguir economias de escala e escopo (FEIJÓ; CARVALHO; RODRIGUEZ, 2003).

Em um sentido amplo, entende-se “concentração industrial” como um processo que consiste no aumento do controle exercido pelas grandes empresas sobre a atividade econômica e é um dos componentes mais importantes da competição entre os países. Existe uma relação inversa entre concentração e concorrência, sendo que à medida que se eleva a concentração diminui o grau de

competição entre os países, o que amplia o poder de mercado do país (POSSAS, 1999).

O poder de mercado se configura na participação que um determinado país possui na produção ou vendas globais da indústria florestal. O cálculo dos índices de concentração disponibiliza os elementos empíricos necessários à análise da estrutura da indústria florestal e evidencia a dimensão da competitividade dos países exportadores florestais (POSSAS, 2002; RESENDE; BOFF, 2002).

Os países com maior extensão territorial, normalmente, apresentam vantagens comparativas em recursos naturais. Eles tendem a ser mais populosos a ter maior participação no mercado de produtos primários. No entanto, alguns países e regiões estão mais bem preparados para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que surgem, enquanto a outros ainda faltam condições institucionais, jurídicas e econômicas essenciais para gerir seus recursos florestais de forma sustentável.

A curto prazo as mudanças no mercado internacional podem influenciar na decisão individual das estratégias, e as mudanças de longo prazo a possibilidade de ter uma maior influência sobre os investimentos em florestas de produção e indústria. A longo prazo, será decisiva à demanda global de produtos florestais devido as políticas ambientais e de energia, as mudanças demográficas, o crescimento econômico, mudanças econômicas regionais (FAO, 2009).

Os países que possuem vantagens comparativas e vantagens competitivas, normalmente, apresentam grande potencial de concentração industrial. Resende (1994) afirmou que a concentração sintetiza em um único indicador um conceito de múltiplas dimensões, como oferta e demanda, capacidade tecnológica, estrutura de custos, entre outros.

Há vários estudos sobre concentração industrial na atividade florestal destacando-se o de Noce et al. (2005) referente ao mercado internacional de madeira serrada, Noce et al. (2007) para mercado internacional de compensado, Noce et al. (2008) para o mercado internacional de aglomerado e os estudos de Braga e Mascolo (1982), Leite e Santana (1998), Hilgemberg e Bacha (2001), Montebello (2006) e Coelho Junior et al. (2010) para o setor de celulose e papel. Contudo, não há estudos mostrando a concentração do agregado do mercado mundial de produtos florestais.

O objetivo desse trabalho foi analisar o mercado mundial de produtos florestais e seu grau de concentração no período 1961- 2008, enfatizando a desempenho do Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados

Os dados utilizados na mensuração da concentração das exportações florestais para o período 1961- 2008 foram obtidos da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimento). A FAO, em seus dados estatísticos, só considera os países que tiveram o valor das exportações de produtos florestais superiores a mil dólares americanos. O agregado dos produtos florestais é composto pelo somatório de todas as exportações de produtos florestais definidos pela FAO (2010).

2.2 O mercado internacional dos produtos florestais

Para o estudo do mercado internacional de produtos florestais, considerou-se os dez maiores exportadores, no agregado, em 2008. Além destes

foram considerados, ainda, Itália, Chile, Malásia, Portugal, Noruega e África do Sul, por ter sido aqueles que mais ganharam posição entre os maiores exportadores mundiais no período analisado.

2.3 Medidas de concentração e de desigualdade

As medidas de concentração podem ser classificadas como parciais ou sumárias. Os índices parciais consideram apenas a parte dos países que atua em certa indústria. Já os índices sumários utilizam dados de todos os países que atuam no mercado.

As razões de concentração são consideradas os exemplos mais importantes de índices parciais. Já os índices de *Hirschman-Herfindal* e *Entropia de Theil* são os que melhor representam os índices sumários. Além desses índices de concentração, existe ainda o *índice de Gini* que é uma medida utilizada para medir a desigualdade, principalmente da renda, mas que pode também ser usado para medir a diferença entre o tamanho e o poder econômico dos países. Os índices usados nesse trabalho são caracterizados a seguir.

2.3.1 Razão de concentração

Esse índice considera a participação no mercado internacional dos k (sendo $k = 1, 2, \dots, n$) países maiores exportadores de determinado produto ou agregado de produtos. Bain (1959) diz que a forma algébrica da razão de concentração é:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i$$

em que,

$CR(k)$ = Razão de concentração de k países exportadores de produtos florestais;

s_i = *market share*, em porcentagem, do país i nas exportações de produtos florestais.

Convencionalmente, utiliza-se o $CR(4)$ e o $CR(8)$ para análise de concentração industrial, pois na medida em que o valor do índice aumenta, eleva-se também o poder de mercado virtual dos países maiores exportadores. A Tabela 1 ilustra os diferentes níveis de concentração e as respectivas classificações para $CR(4)$ e $CR(8)$.

Tabela 1 Classificação do grau de concentração dos maiores países exportadores.

Grau de Concentração	CR (4)	CR(8)
Muito Alto	75% ou mais	90% ou mais
Alto	65% - 75%	85% - 90%
Moderadamente Alto	50% - 65%	70% - 85%
Moderadamente Baixo	35% - 50%	45% - 70%
Baixo	35% ou menos	45% ou menos

Fonte: Bain (1959).

Para o cálculo da razão de concentração, as participações dos países foram ordenadas de forma decrescente.

2.3.2 Índice de Herfindahl – Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI), também conhecido como Índice Herfindahl, é uma ferramenta de análise de concentração de mercado proposta de forma independente por Hirschman (1945) e Herfindahl (1950). Em 1964, Hirschman (1964) publicou a obra “*The Paternity of an Index*” que reivindica a posse original do índice.

O HHI mede a concentração industrial utilizando os dados de todos os países, em dada indústria, por meio da expressão:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2$$

em que,

n = número de nações que exportam produtos florestais;

s_i = *market share*, em porcentagem, do país i nas exportações de produtos florestais.

O *HHI* evidencia os pesos relativos da participação de cada país. Ao se elevar ao quadrado o *market share* dos países, atribui-se um maior peso aos que têm maior participação. Segundo Resende (1994) o limite inferior do índice é $1/n$, situação em que todos os países têm o mesmo tamanho. Já o limite superior do índice é igual a 1, indicando haver uma concentração máxima, quando há uma situação de monopólio.

Para o uso de análises comparativas, quando ocorre uma variação no número de países em dada indústria, Resende (1994) sugeriu um ajuste na fórmula do *HHI*, da seguinte forma:

$$HHI' = \frac{1}{n-1}(nHHI - 1); n > 1$$

A utilização dessa equação implica em um intervalo de variação entre 0 e 1 para o *HHI*. Assim, à medida que o índice se afasta de zero maior será a concentração.

2.3.3 Índice de entropia de Theil (E)

Proposto por Theil (1967), o Índice de *Entropia* foi originalmente formulado para se verificar o conteúdo informacional da mensagem que as firmas transmitiriam, dado o grau de surpresa que as mesmas teriam, diante de certo evento. O índice, porém, pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração das exportações de qualquer setor.

A fórmula matemática utilizada para o cálculo da *Entropia* (E) é:

$$E = - \sum_{i=1}^n \ln (s_i)$$

em que,

n = n° de nações participantes nas exportações florestais;

s_i = *market share* do país i nas exportações de produtos florestais;

\ln = logaritmo neperiano.

O índice de *Entropia* mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada são as exportações mundiais. Um número maior de empresas implica em um valor mais elevado da *Entropia*, dependendo do quão desigual é o tamanho das mesmas. Em situações de monopólio, o valor da *Entropia* é igual a zero, o que significa concentração máxima. Já o limite superior do índice é igual a $\ln(n)$, i.e., as empresas possuem parcelas iguais de mercado e concentração mínima (RESENDE; BOFF, 2002).

De forma análoga ao sugerido para o *HHI*, Resende (1994) sugeriu que, para análises intertemporais, a expressão para o cálculo da *Entropia* seja ajustada da seguinte forma:

$$E' = - \frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i)$$

Assim, a entropia passa a variar entre 0, mínima, e 1, máxima.

2.3.4 Coeficiente de Gini (G)

O Coeficiente de Gini (G) é uma medida de desigualdade desenvolvida por Gini (1912) na obra “*Variabilità e mutabilità*”. Este coeficiente, originalmente formulado para medir a desigualdade de renda pode, também, ser usado para medir o grau de desigualdade das exportações de produtos florestais dos países. O índice é uma ferramenta acessória aos coeficientes de concentração, uma vez que uma concentração elevada implica em uma desigualdade maior.

O cálculo do índice é feito utilizando-se a seguinte expressão,

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i) \right]}{n}$$

sendo,

n = número de países exportadores de produtos florestais;

s_{ij} = participação cumulativa das exportações florestais em ordem crescente;

s_i = *market share*, em porcentagem, do país i nas exportações de produtos florestais.

O índice varia entre 0 e 1, sendo que um valor de $G = 0$ indica que a desigualdade no mercado é nula, enquanto que $G = 1$ indica ocorrência de desigualdade absoluta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O mercado internacional dos produtos florestais

A análise do mercado internacional de produtos florestais será realizada em três cortes temporais: de 1961 a 1990 - período da guerra-fria; de 1991 a 2000 - final do século XX e início do processo de globalização; de 2001 a 2008 - século XXI.

Segundo os registros da FAO (2010), em 1961 as vendas de produtos florestais no mercado internacional totalizaram US\$ 5,16 bilhões, sendo que 104 países participaram desse comércio. Até 1989 a quantidade de países exportadores oscilou pouco, chegando nesse ano a 112.

No período 1961-1989 as exportações mundiais cresceram a uma taxa média de 10% ao ano. Em 1990 o valor total das exportações mundiais de produtos florestais foi de US\$ 104,5 bilhões. O rápido crescimento das exportações brasileiras de celulose, entre 1961 a 1980, possivelmente causado

pelo Programa Nacional de Papel e Celulose, explica o ganho de posicionamento do país no ranking dos maiores exportadores de produtos florestais.

No período 1991-2000, as exportações cresceram a taxa anual de 3,94%, partindo de US\$ 98,22 bilhões e chegando a US\$ 144,61 bilhões. O número de países exportadores de produtos florestais saltou de 112 para 183, o que tornou o mercado internacional mais competitivo. No período 2001-2008 as exportações cresceram a taxa anual de 7,6% e o valor das exportações ultrapassou os US\$ 200 bilhões.

A Tabela 2 apresenta o ranking dos maiores exportadores de produtos florestais, no período 1961-2008. A hegemonia é do Canadá que se manteve como o maior exportador em todo o período analisado. Os Estados Unidos se mantiveram em segundo lugar por vários anos, mas, recentemente, (2007 e 2008) perderam essa posição para a Alemanha.

A União Soviética ocupou o 5º lugar, de 1961 a 1991, chegando 10º lugar do ranking em 1991. Com o fim da guerra fria, a Rússia, que detém a maior participação das exportações florestais, ocupou em 1992 a 17ª posição, no ano seguinte se recuperou e subiu no ranking para 9º lugar e permaneceu entre os dez maiores países depois de sua independência. Atualmente, a Rússia está em 6º colocado no mercado mundial de produtos florestais.

No período 1961-2008, os países que mais ganharam posições no ranking mundial foram Chile (38º → 15º), China (25º → 7º), Itália (24º → 13º), Brasil (19º → 10º) e Alemanha (10º → 2º).

Os Estados Unidos, a Suécia e a França permaneceram estagnados entre os maiores exportadores e perderam apenas uma posição no ranking. Já Noruega, Áustria e Finlândia, foram os países que mais perderam posições no mercado internacional de produtos florestais.

Tabela 2 Evolução do ranking dos países exportadores de produtos florestais (1961-2008).

Países	1961	1966	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2006	2007	2008
Canadá	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Alemanha	10	10	6	6	6	5	5	5	4	3	2	2
Estados Unidos	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Suécia	3	3	2	3	3	3	3	3	5	4	4	4
Finlândia	2	4	4	4	4	4	4	4	3	5	5	5
Rússia	-	-	-	-	-	-	-	11	9	7	6	6
China	25	21	14	18	18	19	14	10	10	6	7	7
França	7	7	8	10	9	7	7	9	6	8	8	8
Áustria	6	6	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9
Brasil	19	20	21	28	11	12	17	14	12	12	10	10
Itália	24	17	17	16	17	14	13	13	15	13	13	13
Chile	38	38	33	30	27	26	23	20	19	17	16	15
Malásia	15	12	9	7	7	10	9	7	13	14	17	17
Portugal	29	31	26	25	26	18	20	22	24	21	21	21
Noruega	8	8	10	11	15	13	18	16	18	24	25	25
África do Sul	27	28	28	32	33	22	31	24	27	29	31	30

Tabela 3 Ranking dos países maiores exportadores das principais commodities de produtos florestais, em 2008 (Milhões de US\$).

País	Madeira para fins industriais	Energia	Celulose	Papel e papelão	Madeira serrada	Madeira base p/ painéis	Outros	Total
Canadá	300,79	5,82	6.589,55	8.814,77	5.059,40	3.685,98	482,93	24.939,24
Alemanha	725,98	6,02	720,80	14.422,46	2.592,06	4.103,37	870,35	23.441,03
EUA	1.643,07	11,44	4.607,86	9.838,48	1.715,08	1.129,36	3.515,15	22.460,43
Suécia	218,60	9,27	2.689,54	10.406,10	3.419,54	267,28	154,66	17.164,99
Finlândia	99,24	1,02	1.554,26	10.759,33	1.697,70	1.010,74	81,26	15.203,55
Rússia	3.497,58	13,65	1.152,10	1.802,95	2.829,28	1.081,08	241,16	10.617,81
China	137,23	0,44	19,38	3.831,51	517,64	5.018,40	189,29	9.713,88
França	347,69	20,60	350,44	5.535,87	435,53	1.170,80	540,98	8.401,91
Áustria	116,77	3,41	215,51	4.130,09	1.913,19	1.713,13	211,17	8.303,27
Brasil	9,29	0,00	3.904,44	2.364,38	675,06	798,32	164,27	7.915,76
Itália	10,82	0,14	31,89	4.520,71	192,03	688,27	264,56	5.708,41
Chile	5,50	0,00	2.625,71	472,58	740,41	694,45	334,23	4.872,89
Malásia	420,18	2,57	4,45	300,12	909,69	2.122,84	64,90	3.824,74
Portugal	158,66	2,35	635,43	1.327,06	92,33	336,96	106,68	2.659,45
Noruega	66,51	0,15	513,27	1.227,27	105,71	110,81	53,97	2.077,68
África do Sul	16,30	0,00	524,13	663,29	11,96	47,45	329,73	1.592,86
Total	7.774,20	76,87	26.138,73	80.416,96	22.906,61	23.979,22	7605,29	168.897,90
Resto do mundo	4.944,30	203,61	5.608,83	29.334,40	7.654,20	11.825,59	6.655,78	66.226,70
Mundo	12.718,50	280,48	31.747,56	109.751,36	30.560,81	35.804,81	14.261,07	235.124,59

Os países que agregaram valor aos produtos florestais exportados, principalmente, PMVA (produtos de maior valor agregado) foram aqueles que melhoraram seu posicionamento no ranking mundial.

Em 2008, o valor das exportações mundiais de produtos florestais atingiu US\$ 235,12 bilhões (Tabela 3). O *market share* dos países da Tabela 3 representou 71,83% do valor total das exportações mundiais de produtos florestais. Observa-se que na medida em que a economia de escala se eleva a concentração aumenta, devido a ganhos proporcionados pelo progresso tecnológico. O seguimento florestal que apresenta-se com exportações mais significativas no agregado é a indústria de celulose com 82,33% do total, seguido da madeira serrada (74,95%), papel e papelão (73,27%), madeira base para painéis (66,97%), madeira para fins industriais (61,12%) e energia (27,41%).

O agregado “papel e papelão” foi o bem que gerou o maior montante de recursos em relação ao total mundial (46,68%) sendo que os principais países exportadores são Alemanha, Finlândia, Suécia, Estados Unidos e Canadá. A seguir vem a madeira base para painéis (15,23%) e a celulose (13,5%).

Entre os países que compõe o BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China) apenas a Índia não se situa entre os 10 maiores exportadores de produtos florestais. Ela se encontra na 48^o posição no ranking mundial. Em 2008, o valor das exportações de produtos florestais do BRIC foi de US\$ 28,69 bilhões, correspondendo a 12,2% do total mundial. A participação dos produtos florestais foi: 28,98% papel e papelão, 24,28% madeira base para painéis, 17,73% celulose, 12,70% madeira para fins industriais, 14,14% madeira serrada, 0,05% energia e 2,10% de outros.

Em 2008 o Brasil situava-se em 10^o lugar no ranking mundial, dos exportadores de produtos florestais, sendo sua maior participação no segmento de papel e papelão (7,74%), seguido por madeira base para painéis (5,60%),

celulose (3,56%), madeira para fins industriais (3,31%) e madeira serrada (1,89%).

3.2 Medidas de concentração e de desigualdade

Os resultados obtidos referem-se à concentração do mercado internacional como um todo, não considerando o destino das exportações de produtos florestais.

3.2.1 Razão da concentração das exportações florestais

A Figura 1 apresenta as razões de concentração dos países maiores exportadores de produtos florestais.

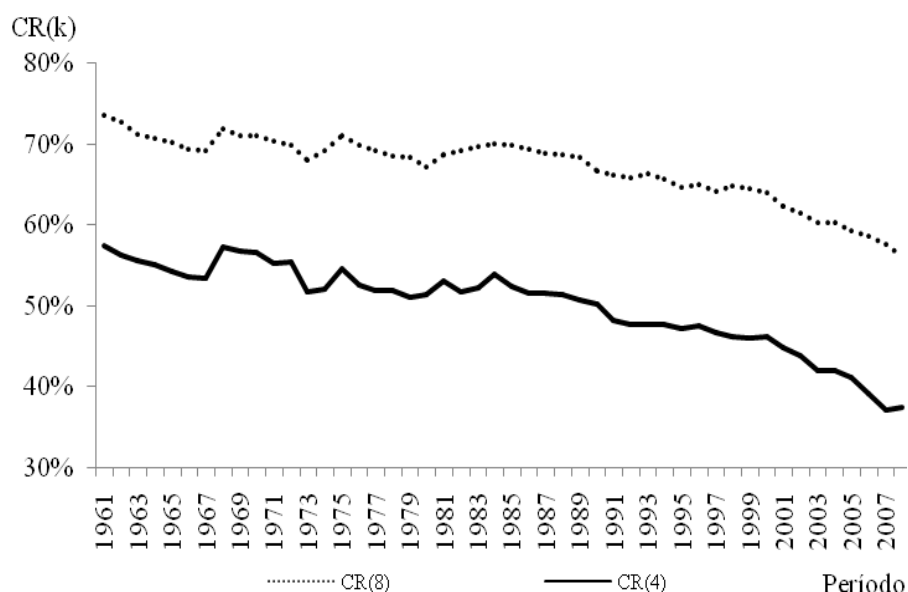


Figura 1 Desenvolvimento da razão de concentração dos países maiores exportadores de produtos florestais (1961 - 2008).

Seguindo as orientações de Bain (1959), o índice que avalia a concentração dos quatro maiores exportadores [CR(4)] variou de 37,15% a 57,15%, com média de 50,05%, indicando um grau de concentração moderadamente alto. No período 1961-2007 há uma tendência de redução da concentração das exportações de produtos florestais.

De 1961 a 1990, o grau de concentração foi moderadamente alto, já que esteve entre o intervalo de 50,28% e 57,41%, com uma tendência decrescente ao longo do tempo. Após a década de 90, a concentração passou a ser moderadamente baixa, com uma maior competição entre os países, chegando a uma CR(4) de 37,43% em 2008. A projeção para os próximos 5 anos é que se chegue a uma concentração ainda mais baixa, isto é, a um mercado mais competitivo.

No período 1961-2007 a concentração dos oito países que mais exportam produtos florestais [CR(8)] variou na faixa de 56,12% a 73,58%, com média de 67,08%, caracterizando uma concentração moderadamente baixa, na maioria dos anos analisados. A partir de 1984 a concentração passa a ser moderadamente baixa, uma vez que os valores obtidos foram inferiores a 70%.

Para Scherer e Ross (1990), quando os quatro países maiores exportadores detêm mais de 40% do mercado de determinado produto, a estrutura desse mercado é oligopólistica. Assim, no período 1961-2005, a indústria florestal apresentou uma estrutura oligopólistica de mercado. Entretanto, a partir de 2006 ela perdeu essa condição e iniciou uma caminhada em direção a uma situação de mercado mais competitivo.

3.2.2 Concentração segundo os índices HHI e HHI'

A Figura 2 apresenta os Índices *HHI* e *HHI'* dos países cujas exportações tiveram valores superiores a US\$ 1.000,00. No período analisado há

uma tendência de desconcentração, já que os índices foram decrescentes até o ano de 2008.

O valor do *HHI* aproxima-se gradualmente da situação de heterogeneidade do mercado – limite inferior. A concentração medida pelo *HHI'* também apresentou decréscimo no período considerado.

Deve-se observar que no total das exportações mundiais, segundo a metodologia da FAO, não se considerou os países cujas exportações não atingem US\$ 1000,00 anuais, diminuindo o número de países da relação, conseqüentemente, afetando os índices sumários de concentração usados no trabalho.

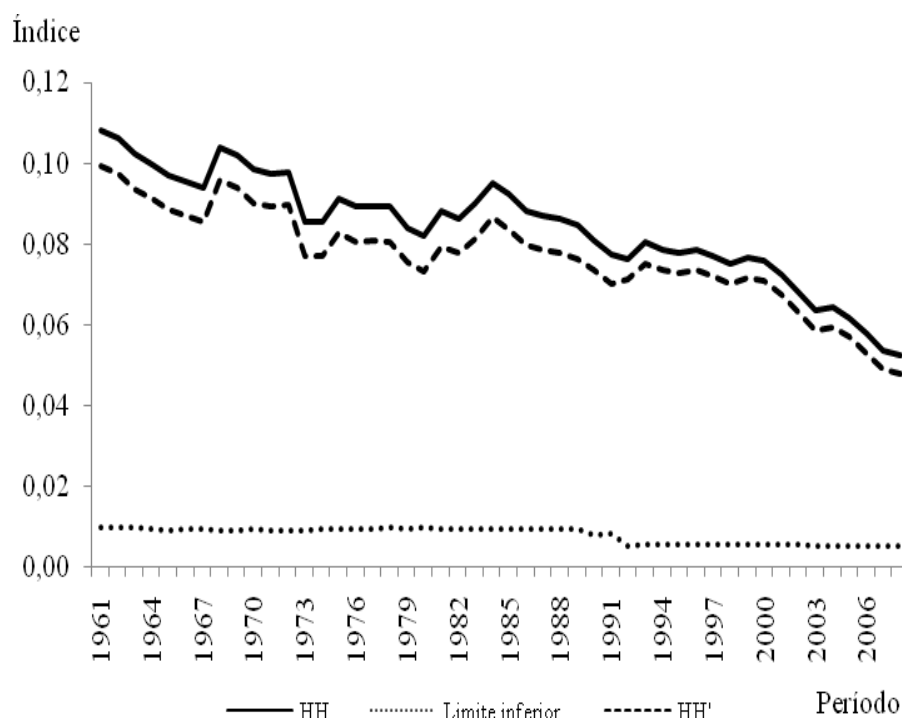


Figura 2 Índices HH, limite inferior do HH, HH' dos países exportadores de produtos florestais (1961 - 2008).

3.2.3 Concentração segundo o índice de entropia de Theil

A Tabela 4 apresenta os índices de entropia das exportações de produtos florestais. Entre 1961 a 1989, há pouca variação no número de países, porém a concentração diminui principalmente devido ao crescimento do *market share* dos países com vocação florestal, onde ocorreram ganhos tecnológicos via incentivos de políticas públicas.

Tabela 4 Índice de *Entropia* (E), limite superior de E , índice de *Entropia* ajustado (E'), número de países (1961 - 2008).

Anos	E	Limite superior	E'	nº países
1961	28,336	46,444	0,6101	104
1962	28,488	46,444	0,6134	104
1963	28,779	46,444	0,6197	104
1964	29,139	46,821	0,6223	108
1965	29,321	47,185	0,6214	112
1966	29,476	46,913	0,6283	109
1967	29,538	47,005	0,6284	110
1968	28,759	47,095	0,6107	111
1969	29,029	47,185	0,6152	112
1970	29,074	47,005	0,6185	110
1971	29,317	47,185	0,6213	112
1972	29,392	47,274	0,6217	113
1973	30,197	47,185	0,6400	112
1974	29,989	47,005	0,6380	110
1975	29,448	47,005	0,6265	110
1976	29,682	46,821	0,6340	108
1977	29,782	46,821	0,6361	108
1978	29,873	46,540	0,6419	105
1979	30,117	46,821	0,6432	108
1980	30,365	46,540	0,6525	105
1981	29,942	46,821	0,6395	108

“Continua”

“Tabela 4, Continua”

Anos	E	Limite superior	E'	n° países
1982	30,063	46,821	0,6421	108
1983	29,750	46,913	0,6342	109
1984	29,422	46,913	0,6272	109
1985	29,530	46,728	0,6320	107
1986	29,590	46,728	0,6332	107
1987	29,675	46,821	0,6338	108
1988	29,677	46,913	0,6326	109
1989	29,783	46,821	0,6361	108
1990	30,163	48,598	0,6207	129
1991	30,432	48,363	0,6292	126
1992	31,054	52,470	0,5918	190
1993	30,711	52,040	0,5901	182
1994	31,077	52,311	0,5941	187
1995	31,012	52,257	0,5935	186
1996	31,094	52,257	0,5950	186
1997	31,413	52,095	0,6030	183
1998	31,437	52,311	0,6010	187
1999	31,425	51,985	0,6045	181
2000	31,564	52,095	0,6059	183
2001	32,085	52,204	0,6146	185
2002	32,407	52,364	0,6189	188
2003	32,785	52,523	0,6242	191
2004	32,823	52,730	0,6225	195
2005	32,998	52,730	0,6258	195
2006	33,231	52,781	0,6296	196
2007	33,568	52,832	0,6354	197
2008	33,904	52,832	0,6417	197

A partir de 1990 até 2008, a *Entropia* se eleva o que não quer dizer que houve uma redução na concentração, uma vez que, à medida que se eleva o número de países, o índice aumenta.

Conforme pode ser observado na Tabela 4, aumento no número de empresas países também implica em elevação do limite superior do índice. À medida que a *Entropia* se afasta de seu limite superior, a concentração aumenta. Observa-se que a partir de 1990 a concentração se eleva. Assim, em 1989 a diferença entre o limite superior e a *Entropia* é de 1,70, enquanto que em 1990 ela é de 1,84. Em 1992 atinge-se a diferença máxima (2,14).

3.2.4 Desigualdade das exportações de produtos florestais segundo o coeficiente de Gini

A medida que os valores do coeficiente de Gini se aproximam de 1, a desigualdade nas exportações de produtos florestais aumenta. A Figura 3 indica que a desigualdade nas exportações de produtos florestais aumentou ao longo do período analisado, ou seja, sua classificação é de uma desigualdade muito forte a absoluta (0,9 – 1,0).

Em 1961 o índice foi de 0,9188 quando se considerou 104 países exportadores de produtos florestais. No período 1960-1990 o índice de Gini médio foi de 0,91578, mas houve pequenas variações em relação à média. A desigualdade mais forte foi de 0,9202, em 1968, para 111 países. A partir desse ano até 1980, a tendência foi de desigualdade menos forte, chegando a um índice de 0,9074, para 105 países.

O ponto de partida do processo de globalização da economia é no final da década de 80, com o fim da Guerra fria. Entre 1991 e 1993 ocorreu um deslocamento abrupto nos valores do índice de Gini, elevando-se de 0,9242, em 1991, para 0,9454 em 1993. O fim da União Soviética e a instituição da CEI (Comunidade dos Estados Independentes) fizeram com que o número de países que comercializa produtos florestais no mercado internacional se elevasse de

126 para 182 países, respectivamente, proporcionando um mercado mais competitivo, tendendo para uma concorrência perfeita ($G = 1$).

No período 1993-2008, o número de países exportadores de produtos florestais cresceu 0,58% ao ano, chegando a 197. Apesar desse crescimento, nesse período o índice de Gini caiu 6,47% a.a., indicando que houve aumento da desigualdade entre os países.

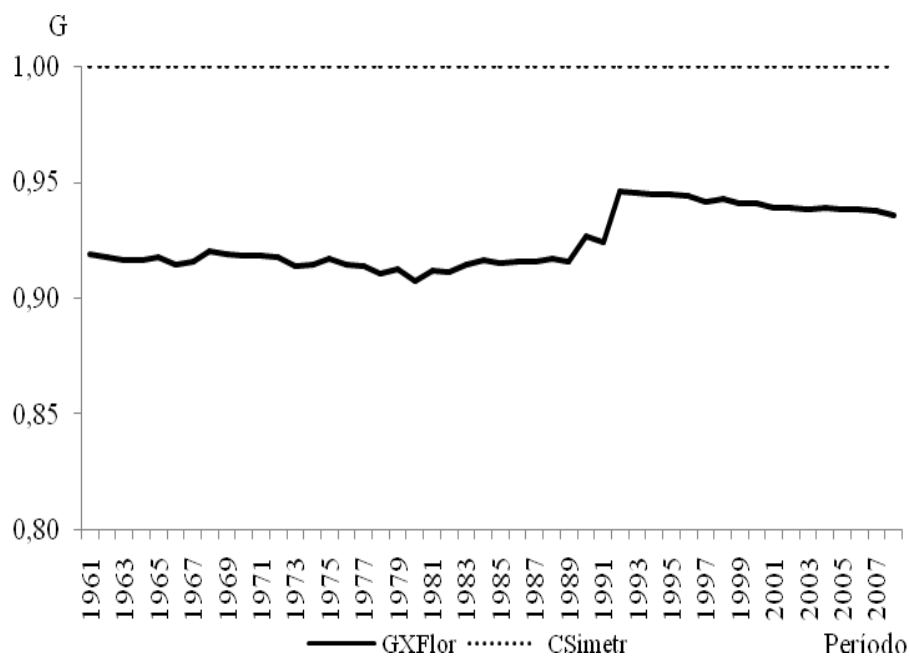


Figura 3 O desenvolvimento do coeficiente de Gini nas exportações mundiais de produtos florestais (GXFlor) e a curva de simetria (CSimetr), ao longo do tempo (1961 - 2008).

4 CONCLUSÕES

A representação brasileira no agregado exportações mundiais de produtos florestais é crescente ao longo do tempo;

Em ordem decrescente, a concentração das exportações de produtos florestais é celulose, madeira serrada, papel e papelão, madeira base para painéis, madeira para fins industriais e energia;

Houve redução na concentração das exportações mundiais de produtos florestais ao longo do tempo;

Segundo a classificação de Bain, a razão de concentração dos quatro e oito maiores exportadores de produtos florestais é moderadamente baixa;

Os índices sumários (Índice Herfindahl-Hirschman, *Índice de Entropia de Theil*, *índice de Gini*) indicaram alto grau de concentração das exportações mundiais de produtos florestais.

REFERÊNCIAS

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BRAGA, H. C.; MASCOLO, J. L. Mensuração da concentração industrial no Brasil. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 399-454, ago. 1982.

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise temporal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais**. 2004. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

FEIJO, C. A.; CARVALHO, P. G. M.; RODRIGUEZ, M. S. Concentração industrial e produtividade do trabalho na indústria de transformação nos anos 90: evidências empíricas. **Economia**, Niterói, v. 4, n. 1, p. 19-52, jan./jun. 2003

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistics Division 2010**. Rome, 2010. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor>. Acesso em: 10 fev. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the world's forests**. Rome, 2009. 152 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the world's forests**. Rome, 2007. 144 p.

GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the Steel Industry**. 1950. 175 p. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.

HILGEMBERG, E. M.; BACHA, C. J. C. A evolução da indústria brasileira de celulose e sua atuação no mercado mundial. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 19, n. 36, p.145-164, set. 2001.

HIRSCHMAN, A. O. **National power and the structure of foreign trade**. Berkley: University of California, 1945. 172 p.

HIRSCHMAN, A. O. The paternity of an index. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 54, n. 5, p 761-762, Sept. 1964.

LEITE, A. L. S.; SANTANA, E. A. Índices de Concentração na indústria de papel e celulose. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF, 1998. 1 CD-ROM.

LERDA, J. C. Globalização da economia e perda de autonomia das autoridades fiscais, bancárias e monetárias. In: BAUMANN, R. (Org.). **O Brasil e a Economia Global**. Rio de Janeiro: Campus, 1996. cap. 12, p. 239-263.

MONTEBELLO, A. E. S. **Análise da evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005**. 2006. 114 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2006.

NOCE, R. et al. Concentração das exportações no mercado internacional de madeira serrada. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 431-437, mai./jun. 2005.

NOCE, R. et al. Medida da desigualdade do mercado internacional de compensado. **Cerne**, v. 13, n. 1, p. 107-110, jan./mar. 2007.

NOCE, R. et al. Competitividade do Brasil no mercado internacional de aglomerado. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 245-250, mar./abr. 2008.

POSSAS, M. L. et al. **Ensaio sobre economia e direito da concorrência**. São Paulo: Singular, 2002. 238 p.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio: economia e planejamento**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

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

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

ARTIGO 2**ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE
CELULOSE (1998 – 2007)****RESUMO**

Este trabalho analisou o grau de concentração da indústria brasileira de celulose no período de 1998 a 2007, enfatizando os principais indicadores de desempenho do setor. Os dados necessários foram extraídos do Relatório Estatístico da Associação Brasileira de Celulose e Papel, no período de 1998 a 2007. O grau de concentração foi determinado usando-se os índices: Razão de Concentração (*CR*); Índice de Herfindahl-Hirschman (*HHI*); Índice de Entropia de Theil (*E*) e; coeficiente de Gini (*G*). As principais conclusões obtidas foram: Os índices *CR*(4), *CR*(8), *HHI* e Entropia de Theil mostraram-se elevados, apesar das oscilações apresentadas em certos momentos. A desigualdade da indústria medida pelo índice de Gini foi considerada alta, reafirmando a hipótese inicial do trabalho. O alto grau de concentração encontrado permite inferir que existe baixo grau de concorrência na indústria brasileira de celulose.

Palavras-chave: Economia florestal. Índices de concentração. Celulose.

ARTICLE 2**ANALYSIS OF THE BRAZILIAN CELLULOSE INDUSTRY
CONCENTRATION (1998 – 2007)****ABSTRACT**

This work analyzed the degree of concentration of the Brazilian pulp industry from 1998 to 2007, emphasizing the main performance indicators of the sector. The pulp industry usually presents a high degree of concentration due to the fact that it is a capital intensive industry, and subject to the scale economy; besides it presents strong technological domain; needs a very high overhead capital; the time of maturation of the project is long and; the offer and the demand are inelastic. The used data were collected in the Statistical Report of BRACELPA. The concentration degree was determined by using the indexes: Reason of Concentration; Index of Herfindahl – Hirschman (HHI); Index of Entropy of Theil (E) and; the coefficient of Gini (G). The main conclusions obtained were: the indexes CR(4), CR(8), HHI and Entropy encountered were high, in spite of the oscillations presented in certain moments; the inequality of the industry measured by the index of Gini was considered high, confirming the initial hypothesis of the work. The high degree of concentration found allows inferring that there is a low degree of competition in the Brazilian pulp industry.

Key-words: Forest economy. Concentration indexes. Short fiber pulp.

1 INTRODUÇÃO

A concentração industrial é um dos componentes mais importantes da competição entre as empresas. Existe uma relação inversa entre concentração e concorrência. À medida que se eleva a concentração diminui o grau de competição entre as empresas, o que amplia o poder de mercado virtual da indústria (POSSAS, 1990).

O Brasil é o maior produtor mundial de celulose de fibra curta branqueada, que contribui significativamente para as exportações brasileiras que atingiram, em 2008, US\$ 2,79 bilhões (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA, 2009).

A indústria de celulose é caracterizada como sendo de capital intensivo. Estima-se que são necessários investimentos da ordem de US\$ 1.000,00 a US\$ 1.500,00 para produção de uma tonelada ano do produto. Outro fator característico da produção dessa *commodity* é a economia de escala a ela inerente, considerando-se que para ser economicamente viável uma planta de celulose deve produzir, no mínimo, 800.000 t/ano (REZENDE; COELHO JÚNIOR, OLIVEIRA, 2002).

Além destes fatores que contribuem fortemente para a concentração dessa indústria, há de se considerar ainda o domínio tecnológico existente, a especificidade e a irreversibilidade do capital nela investido, a necessidade de grande volume de investimentos fixos iniciais, o longo tempo de maturação do projeto e a oferta e a demanda preço-inelásticas do produto. A ação de todos estes fatores resulta no alto grau de concentração industrial deste setor, não só no Brasil, mas também no cenário mundial como um todo (RESENDE; BOFF, 2002; REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

O Brasil é um dos países com os mais baixos custos de produção de celulose de fibra curta. A alta tecnologia silvicultural e de manejo atingidas

associada à elevada produtividade do eucalipto brasileiro são os principais responsáveis pelas vantagens comparativas e competitivas que o país possui (MONTEBELLO, 2006; REZENDE; COLEHO JUNIOR; BORGES, 2008).

A concentração da indústria de celulose no Brasil foi estudada por Leite e Santana (1998), para os anos de 1987 a 1996 e por Montebello (2006), que analisou alguns aspectos da estrutura e desempenho da indústria brasileira de celulose, no período de 1980 a 2005. Estes autores concluíram que a concentração na indústria de celulose é decorrente das elevadas barreiras à entrada e ao processo de integração vertical observada no setor.

Partindo-se da hipótese de que a indústria brasileira de celulose é concentrada, o objetivo desse trabalho é caracterizar a produção brasileira de celulose e analisar seu grau de concentração, no período de 1998 a 2007.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados

Os dados necessários para a mensuração da concentração da indústria brasileira de celulose foram extraídos dos Relatórios Estatísticos da Associação Brasileira de Celulose e Papel - Bracelpa de 1999 a 2008.

2.2 Medidas de concentração e de desigualdade

O cálculo da concentração disponibiliza os elementos empíricos necessários à análise da estrutura de determinada indústria e evidencia a dimensão da competitividade entre as empresas. Resende (1994) afirmou que a concentração sintetiza em um único indicador um conceito de múltiplas

dimensões, como oferta e demanda, capacidade tecnológica, estrutura de custos, entre outros.

Os índices de concentração podem ser classificados como parciais ou sumários. Os índices parciais consideram apenas a parte das empresas que atua em certa indústria. Já os índices sumários utilizam dados de todas as empresas do setor. As razões de concentração são consideradas os exemplos mais importantes de índices parciais. Já os índices de *Hirschman-Herfindal* e *Entropia de Theil* são os que melhor representam os índices sumários. Além desses índices de concentração, existe ainda o *índice de Gini* que é uma medida utilizada para medir a desigualdade principalmente da renda, mas que pode também ser usado para medir a diferença entre o tamanho e o poder econômico das empresas. Os índices usados nesse trabalho são caracterizados a seguir.

2.2.1 Razão de concentração (CR)

Esse índice considera a participação das k (sendo $k = 1, 2, \dots, n$) maiores firmas em determinada indústria. A forma algébrica da razão de concentração é:

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i$$

onde,

$s_i = \text{market share}$, em porcentagem, da firma i no mercado de celulose.

Na medida em que o valor do índice aumenta, eleva-se também o poder de mercado virtual das maiores empresas. Convencionalmente utiliza-se a participação das quatro ou das oito maiores empresas, respectivamente $CR(4)$ e $CR(8)$. Para o cálculo da razão de concentração, as participações das empresas foram ordenadas de forma decrescente.

2.2.2 Índice de Herfindahl – Hirschman (HHI)

O Índice Herfindahl-Hirschman, também conhecido como, índice Herfindahl, é uma ferramenta de análise de concentração de mercado proposta de forma independente por Herfindahl (1950) e Hirschman (1945). Em 1964, Hirschman publicou o artigo “The Paternity of an Index” que reivindica a posse original do índice (HIRSCHMAN, 1964).

O HHI mede a concentração industrial utilizando os dados de todas as firmas, em dada indústria, por meio da expressão:

$$HH = \sum_{i=1}^n s_i^2$$

em que,

n = nº de empresas no mercado de celulose;

s_i = *market share*, em porcentagem, da firma i no mercado de celulose.

O *HHI* evidencia os pesos relativos da participação que cada empresa possui. Ao se elevar ao quadrado o *market share* das empresas, atribui-se um maior peso àquelas firmas com maior participação. Resende (1994) define que o limite inferior do índice é $1/n$, situação em que todas as firmas têm o mesmo tamanho. Já o limite superior do índice é igual a 1, trata-se da concentração máxima e verifica-se, neste caso, uma situação de monopólio.

Para o uso de análises comparativas, quando ocorre uma variação no número de empresas em dado setor, Resende (1994) sugeriu um ajuste na fórmula do *HHI*, da seguinte forma:

$$HH' = \frac{1}{n-1}(nHH - 1); n > 1$$

A utilização dessa equação implica em um intervalo de variação entre 0 e 1 para o *HHI*. Assim, à medida que o índice se afasta de zero maior será a concentração.

2.2.3 Índice de entropia de Theil (E)

O índice de *Entropia* foi proposto por Theil (1967), originalmente formulado para se verificar o conteúdo informacional da mensagem que as firmas transmitiriam, dado o grau de surpresa que as mesmas teriam, diante de certo evento. O índice, porém, pode ser aplicado à economia industrial para medir a concentração industrial de qualquer setor.

A fórmula matemática utilizada para o cálculo da *Entropia* é:

$$E = - \sum_{i=1}^n \ln (s_i)$$

em que,

n = nº de empresas no mercado de celulose;

s_i = *market share*, em porcentagem, da firma i no mercado de celulose.

O índice de *Entropia* mede o inverso da concentração. Quanto menor o valor do índice mais concentrada é a indústria. Um número maior de empresas implica em um valor mais elevado da *Entropia*, dependendo do quão desigual é o tamanho das mesmas. Em situações de monopólio, o valor da *Entropia* é igual a zero, o que significa concentração máxima. Já o limite superior do índice é igual a $\ln(n)$, i.e., as empresas possuem parcelas iguais de mercado e concentração mínima (RESENDE; BOFF, 2002).

De forma análoga ao sugerido para o *HHI*, Resende (1994) sugeriu que, para análises intertemporais, a expressão para o cálculo da *Entropia* seja ajustada da seguinte forma:

$$E' = - \frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n s_i \ln(s_i)$$

Assim, a entropia passa a variar entre 0, mínima, e 1, máxima.

2.2.4 Coeficiente de Gini (G)

O Coeficiente de Gini é uma medida de desigualdade que foi desenvolvida por Gini (1912) na obra “*Variabilità e mutabilità*”. Este coeficiente, originalmente formulado para medir a desigualdade de renda e pode, também, ser usado para medir o grau de desigualdade das firmas. O índice é uma ferramenta acessória aos coeficientes de concentração, uma vez que uma concentração elevada implica em uma desigualdade maior.

O cálculo do índice é feito utilizando-se a seguinte expressão,

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (s_{ij} + s_i) \right]}{n}$$

sendo,

n = n° de empresas em determinado mercado;

s_{ij} = participação cumulativa na produção em ordem crescente;

s_i = *Market share*, em porcentagem, da firma i no mercado de celulose.

O índice varia entre 0 e 1, quando $G = 0$ a desigualdade no mercado é nula, quando $G = 1$ ocorre a desigualdade absoluta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da indústria brasileira de celulose

Segundo a Bracelpa (2009), o Brasil é o quarto maior produtor mundial de celulose e ocupa o terceiro lugar no *ranking* dos maiores exportadores. Em 2008, o setor de celulose e papel possuía 220 empresas em 450 municípios localizados em 17 estados nas cinco regiões do Brasil. A área plantada para fins industriais chegou a 1,7 milhões de hectares, e as florestas preservadas

ocuparam 2,7 milhões de hectares. As exportações de celulose e papel chegaram a US\$ 5,8 bilhões e o saldo comercial foi de aproximadamente US\$ 4,1 bilhões.

Em 2007, o setor de celulose e papel gerou, aproximadamente, 110 mil empregos diretos e 500 mil empregos indiretos, e o total de impostos pagos ultrapassou R\$ 2,1 bilhões. Nos últimos dez anos foram investidos US\$ 12 bilhões em aumento da capacidade produtiva e criação de novas plantas industriais (BRACELPA, 2008).

As principais características da indústria de celulose são as barreiras à entrada que podem ser barreiras naturais, dada à especificidade de cada indústria (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

As economias de escala funcionam como importantes barreiras à entrada no setor de celulose. Estas economias permitem aos maiores produtores oferecer o produto produzido a um preço mais competitivo.

3.2 Concentração da indústria brasileira de celulose

Os resultados obtidos referem-se à concentração da indústria de celulose como um todo, não considerando o destino da produção das empresas.

Cálculou-se a concentração da produção global de celulose de cada empresa, i.e., não se desagregou a produção de cada destinada ao mercado interno e ao mercado externo. Assim, não se pode afirmar que a concentração obtida é maior ou menor do que aquela que se encontraria se se tomasse como parâmetro a celulose de mercado, por exemplo.

No entanto, autores como Leite e Santana (1998) e Montebello (2006) também utilizaram a produção global de celulose como variável para se calcular a respectiva concentração.

3.2.1 Razão de concentração das quatro e das oito maiores empresas

A Figura 1 apresenta a concentração nas quatro maiores empresas que apresentou trajetória crescente durante quase todo o período analisado, com exceção dos anos de 2001, 2005 e 2007.

O aumento da concentração verificado no período deveu-se à expansão da produção e, conseqüentemente, da elevação na participação das maiores empresas, como foi o caso da Aracruz Celulose que em 2002 lançou a sua terceira unidade de produção.

As aquisições de unidades fabris também impactaram a concentração do setor. Destacam-se neste processo a compra da empresa Riocell em 2003, pela Aracruz Celulose, e a aquisição da Bahia Sul pela empresa Suzano Papel e Celulose em 2001.

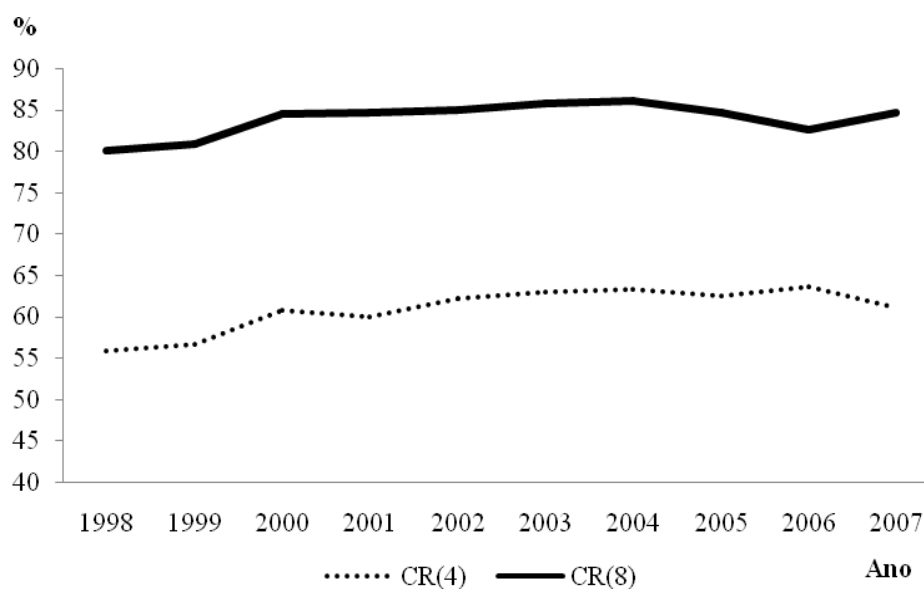


Figura 1 Evolução da concentração das quatro e das oito maiores empresas de celulose.

Em 2001, houve uma redução de 0,69% na produção de celulose, em parte justificada pela redução dos preços praticados no mercado internacional. Em consequência desta redução de preços, a produção das quatro maiores empresas também foi menor.

A queda da produção da Aracruz Celulose foi de, aproximadamente, 2,5% e a da Klabin de 1,23%. As outras duas empresas, Suzano Papel e Celulose e Cenibra reduziram, respectivamente, 1,30% e 3,14% as quantidades produzidas. Assim, a concentração das quatro maiores empresas diminuiu quando comparada ao ano 2000.

No ano de 2005, no universo das quatro maiores empresas, apenas a Aracruz Celulose aumentou a sua participação, um incremento de aproximadamente 4%. A produção da empresa foi 11,55% maior que em 2004.

As outras três empresas apresentaram uma participação menor. Enquanto a elevação da produção total de celulose foi de aproximadamente 7,5%, a produção da Votorantin Celulose e Papel, segunda maior produtora em 2005, sofreu redução de 0,29% .

O ritmo de crescimento da produção das empresas Klabin e Suzano Papel e Celulose não acompanhou o ritmo de crescimento da produção global da celulose brasileira. O crescimento da produção dessas empresas foi de 3% e de 5,5%, respectivamente.

O aumento da produção em 2005 está associada, sobretudo, à entrada no mercado da Veracel, que no primeiro ano de funcionamento já respondia por 2,09% da produção total, sendo responsável pela queda na concentração medida pelo índice $CR(4)$.

A redução da concentração em 2007 se deve à menor participação de três das quatro maiores empresas. A Aracruz Celulose reduziu sua produção em, aproximadamente, 0,14%, o que implicou numa redução de 6,86% na participação da empresa. De forma semelhante ao que ocorreu em 2005, duas

empresas aumentaram a produção, mas não com a mesma intensidade verificada na produção global de celulose brasileira.

O aumento da produção total foi de 7,31%, já o aumento da produção das empresas Votorantin Celulose e Papel e Klabin foi respectivamente 0,98% e 6,16%. Apenas a empresa Suzano Papel e Celulose acompanhou o ritmo da produção total, aproximadamente, 10%.

A concentração das oito maiores empresas entre 1998 e 2004 apresentou trajetória crescente. A partir de 2005 a concentração se reduz, sendo que em 2007 ocorre um aumento em relação ao ano de 2006, embora inferior àquele verificado em 2004.

Os mesmos motivos, que propiciaram a elevação da concentração medida nas quatro maiores empresas, podem ser associados à análise do índice $CR(8)$. Como exemplo do processo de aquisição, tem-se a compra do Grupo Champion, pela International Paper, uma das maiores empresas de papel e celulose do mundo.

A queda do índice $CR(8)$ pode ser associada a uma redução na participação das empresas, conforme já mencionado. Em 2005, das oito empresas, apenas a Aracruz Celulose e a Ripasa aumentaram suas participações no total produzido. Em 2006, apenas três empresas conseguiram aumentar suas participações.

Em alguns anos, os índices $CR(4)$ e $CR(8)$, apresentam trajetórias distintas. Em 2001, o índice $CR(4)$ se reduz mas o índice $CR(8)$ se eleva. De forma geral esses movimentos distintos dos referidos índices estão associados à oscilações da produção das quatro e das oito maiores empresas.

No mesmo período, houve queda na produção das quatro maiores empresas. Mas, três das quatro empresas, no universo das oito maiores apresentaram aumento de produção. A produção da Votorantin Celulose e Papel foi, aproximadamente, 1% maior e a da International Paper do Brasil 2,92%. Se

por um lado a produção da Ripasa foi 1,56% menor, por outro, a produção da Jarí Celulose foi aproximadamente 12% maior.

Seguindo as orientações de Bain (1959), a concentração das quatro maiores empresas, durante o período em questão, pode ser considerada moderadamente alta, já que esteve entre o intervalo de 50% e 65%. A concentração das oito maiores empresas situou-se na faixa de 70% a 85%, o que a caracteriza como moderadamente alta, na maioria dos anos analisados. A concentração verificada em 2003 e 2004 pode ser considerada alta, uma vez que os valores obtidos foram superiores a 85% e inferiores a 90%.

3.2.2 Concentração segundo os índices *HHI* e *HHI'*

A Tabela 1 mostra os índices e o número de empresas para a interpretação do resultado dos índices *HHI* e *HHI'*. Não foram consideradas as empresas com participações pequenas, uma vez que estas empresas estavam agrupadas sob a denominação demais empresas.

De acordo com a Tabela 1, com exceção de 2001, a concentração medida pelo índice *HHI* foi crescente até o ano de 2006. Somente em 2007 a concentração diminuiu. As mesmas constatações podem ser feitas para o índice *HHI'*.

Entre 1998 e 2000, o número de empresas permanece constante, porém a concentração aumenta, principalmente, devido ao crescimento do *market share* das maiores empresas. O valor do *HHI* afasta-se gradualmente da situação de homogeneidade do mercado – limite inferior. A concentração medida pelo *HHI'* também apresentou elevação no período mencionado.

Em 2001, a queda da concentração medida por ambos os índices está associada à redução da produção das maiores empresas e aumento da produção das menores.

Tabela 1 Índice *HHI*, limite inferior do *HHI*, índice ajustado *HHI'* e número de empresas.

Ano	<i>HHI</i>	Limite inferior	<i>HHI'</i>	nº empresas
1998	0,1002	0,0555	0,0473	18
1999	0,1044	0,0555	0,0517	18
2000	0,1156	0,0555	0,0636	18
2001	0,1142	0,0588	0,0588	17
2002	0,1222	0,0625	0,0637	16
2003	0,1260	0,0625	0,0677	16
2004	0,1307	0,0555	0,0796	18
2005	0,1309	0,0526	0,0826	19
2006	0,1346	0,0476	0,0913	21
2007	0,1270	0,0476	0,0833	21

Em 2002 e 2003, a concentração continuou aumentando, apesar da redução do número de empresas e da elevação do limite inferior do índice. O aumento da participação da Aracruz Celulose e da Votorantin Celulose e Papel impulsionaram o crescimento da concentração.

A concentração continuou aumentando no período que se estende de 2004 até 2006. Cabe destacar que a entrada da Veracel, em 2005, não reduziu a concentração. No ano de 2006, a empresa já ocupava o sétimo lugar no ranking dos maiores produtores de celulose. A entrada da Veracel ainda ocasionou a redução do limite inferior do *HHI*.

Apenas em 2007 houve redução na concentração medida pelos índices *HHI* e *HHI'*. Esta redução pode ser associada a uma menor participação das maiores empresas, afetada por uma menor produção da empresa Aracruz Celulose e por maior participação das empresas de porte intermediário, como foi o caso da International Paper do Brasil e da Cenibra.

3.2.3 Concentração segundo o índice de Entropia de Theil

Desconsiderou-se também a participação das empresas designadas como *demais empresas* nos relatórios estatísticos da Bracelpa.

Dada a dificuldade em se verificar variações na concentração, por meio do índice de *Entropia*, quando se analisa intervalos de tempo, foi que se desenvolveu o cálculo da *Entropia* ajustada (Tabela 2), uma vez que a variação no número de empresas afeta tanto o índice quanto o limite superior do mesmo. Em 2002, ambos os índices verificaram uma menor concentração, apresentando o valor mais elevado em toda a série analisada. Este fato deve-se, sobretudo, a uma redução da participação de dez das dezesesseis empresas analisadas.

Tabela 2 Índice de *Entropia* (E), limite superior de E , índice de *Entropia* ajustado (E'), número de empresas.

Ano	E	Limite superior	E'	nº de empresas
1998	2,38	2,89	0,8234	18
1999	2,37	2,89	0,8200	18
2000	2,29	2,89	0,7923	18
2001	2,26	2,83	0,7977	17
2002	2,47	2,77	0,8909	16
2003	2,17	2,77	0,7827	16
2004	2,23	2,89	0,7715	18
2005	2,27	2,94	0,7709	19
2006	2,34	3,04	0,7686	21
2007	2,35	3,04	0,7719	21

A concentração medida pelos índices em 2003 foi maior que nos outros anos, embora o número de empresas tenha sido menor. Pode-se associar a esta elevação, o aumento da produção da Aracruz Celulose, em torno de 34% e, também, o aumento da quantidade produzida pela Votorantin Celulose e Papel, de aproximadamente 40,6%.

Entre 1998 e 2001 ocorreu uma elevação na concentração, uma vez que se observou uma redução na *Entropia*. No entanto, quando se considera o índice ajustado, em 2001 ocorreu uma redução na concentração.

A partir de 2004 até 2007, a *Entropia* se eleva o que não quer dizer que, necessariamente, ocorreu uma redução na concentração, uma vez que, à medida que se eleva o número de empresas, o índice aumenta. Conforme pode ser observado na Tabela 2, aumento no número de empresas implica em elevação do limite superior do índice.

Se à medida que a *Entropia* se afasta de seu limite superior, a concentração aumenta, observa-se que a concentração a partir de 2004 é mais elevada que aquela observada em 2003. A diferença entre a *Entropia* e o limite superior em 2003 é igual a 0,60. Já em 2004 a diferença sobe para 0,63. Em 2005, 2006 e 2007 a diferença é de, respectivamente, 0,77; 0,70 e 0,69. Esta elevação pode ser verificada nos resultados da *Entropia* ajustada para os referidos anos.

3.2.4 Desigualdade da indústria segundo o coeficiente de Gini

De acordo com os dados da Tabela 3, observa-se que durante o período analisado, houve um aumento na desigualdade da indústria de celulose brasileira. A exceção ocorreu nos anos de 2002 e 2007, nos quais a desigualdade foi menor.

Entre 1998 e 2000, a desigualdade aumentou embora o número de empresas tenha permanecido constante. Mais uma vez destaca-se a importância do aumento da produção de empresas como Aracruz Celulose, Klabin, Suzano Papel e Celulose e Votorantin Celulose e Papel.

A redução do número de empresas em 2001 e 2002 implicou em uma menor desigualdade. Já em 2003 a desigualdade voltou a aumentar. A entrada da

Veracel no setor, em 2005, tornou a desigualdade ainda maior, e apenas em 2007 foi que a desigualdade voltou a reduzir.

Tabela 3 Coeficiente de *Gini* (*G*) e número de empresas.

Ano	G	Nº de Empresas
1998	0,6888	18
1999	0,6915	18
2000	0,7634	18
2001	0,7110	17
2002	0,6939	16
2003	0,7011	16
2004	0,7210	18
2005	0,7269	19
2006	0,7409	21
2007	0,7308	21

A desigualdade pode ser considerada como média a forte nos anos de 1998, 1999 e 2002. Nos demais anos a desigualdade pode ser classificada como desigualdade forte a muito forte.

Embora não tenha sido objetivo específico do trabalho o estudo da estrutura de mercado, os resultados encontrados apontam um baixo grau de competitividade na indústria brasileira de celulose, pelo menos no mercado doméstico.

4 CONCLUSÕES

A partir das análises feitas, chegou-se às seguintes conclusões:

Os resultados medidos por qualquer dos índices usados mostram que a indústria de celulose brasileira é altamente concentrada. Todos os índices usados: *CR(4)*, *CR(8)*, *HHI* e *Entropia* de Theil, mostraram-se elevados, apesar das oscilações apresentadas em certos anos.

A desigualdade da indústria medida pelo índice de *Gini* foi considerada alta, reafirmando a hipótese inicial do trabalho, ou seja, que a indústria brasileira de celulose é altamente concentrada.

O alto grau de concentração encontrado permite inferir que existe baixo grau de concorrência na indústria brasileira de celulose.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **O setor de papel e selulose**. São Paulo, 2009. v. 2. (BCP-RM17/DEST). Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/booklet/marco2009.pdf>>. Acesso jun. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Relatório estatístico da Bracelpa -1998/2009**. São Paulo, 2009.

BAIN, J. **Industrial organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274p.

GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the steel industry**. 1950. 175 p. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.

HIRSCHMAN, A. O. **National power and the structure of foreign trade**. Berkeley: University of California, 1945.

HIRSCHMAN, A.O. The paternity of an index. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 54, n. 5, p 761-762, Sept. 1964.

LEITE, A. L. S.; SANTANA, E. A. Índices de Concentração na indústria de papel e celulose. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF, 1998. 1 CD-ROM.

MONTEBELLO, A. E. S. **Análise da Evolução da indústria brasileira de celulose no período de 1980 a 2005**. 2006. 114p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2006.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 641 p.

POSSAS, M. L. **Estruturas de mercado em oligopólio: economia e planejamento**. 2 ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191p. (Série Obras Didáticas).

RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.

RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, mar./set. 1994.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M. BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: SUPREMA, 2008. p. 11-42.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; OLIVEIRA, A. D. Economia florestal mineira *vis-à-vis* economia florestal brasileira. In: SEMINÁRIO SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p. 1-29.

THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.

ARTIGO 3

ESTUDO DO TEMPO PARA UM PAÍS EXPORTAR CELULOSE

RESUMO

O objetivo deste estudo foi ajustar um modelo do tempo necessário para um país exportar celulose, via modelo de regressão de Cox. Para selecionar e verificar quais foram as covariáveis mais significativas foi utilizada no modelo a proposta de Collet (1994), utilizando dados de população, PIB, exportações de produtos florestais, produção e saldo da balança comercial de celulose assim como os blocos e mercados econômicos e regiões geográficas. Os resultados obtidos foram: das 15 covariáveis escolhidas para ajustar o modelo de Cox, apenas duas foram significativas para explicar a sobrevivência de um país exportar celulose; as covariáveis constantes no modelo global não violaram a suposição de riscos proporcionais; as covariáveis que explicaram as chances (risco) de um país exportar celulose de acordo com a razão de risco foram, em ordem decrescente, a integração da CEPAL com a União Européia (**V06*V07**), pertencer à União Européia (V07) e pertencer a CEPAL (V6); o Brasil se insere no modelo selecionado por meio das covariáveis “CEPAL” (V06) e a “integração entre a Cepal e a União Européia” (**V06*V07**); as chances de o Brasil sobreviver exportando Celulose são maiores que a de outros países.

Palavras-chave: Economia florestal. Celulose. Análise de sobrevivência. Modelo de Cox.

ARTICLE 3**TIME FOR A STUDY OF PULP EXPORT COUNTRY****ABSTRACT**

The aim of this study was to adjust a model of time required for a country to export pulp via Cox regression model to select and check which were the most significant covariate was used to model the proposed Collet (1994), using population data GDP, exports of forest products production and trade balance of pulp as well as blocks and economic markets and geographic regions. The main results found were: from the 15 covariates chosen to fit the Cox model, only two were significant in explaining the survival of a country to export pulp; the covariates listed in the overall model did not violate the proportional risk assumption, the covariates that explained the chances (risk) of a country to export pulp according to the risk ratio were, in descending order, the integration of ECLAC with the European Union (V06 * v07), belonging to the European Union (v07) and belonging to ECLAC (V6); Brazil is inserted in the selected model by the covariates "ECLAC" (V06) and the "integration between ECLAC and the European Union" (V06 * v07), the chances of Brazil surviving by exporting Celulose are higher than that of other countries

Key-words: Forest economics. Pulp. Survival analysis. Cox model.

1 INTRODUÇÃO

O mundo possui menos de 4 bilhões de hectares de floresta, cobrindo cerca de 30% de sua área terrestre. A globalização da economia facilitou o comércio mundial, inserindo as florestas plantadas como oportunidades internacionais. As exportações de produtos florestais atingiram, em 2008, US\$ 235,12 bilhões, sendo que 60% desse total é do sub-setor de celulose e papel, ou seja, US\$ 141,5 bilhões (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2009).

O consumo per capita de papel pode servir como indicador de grande desenvolvimento dos países. Nesta mesma linha de raciocínio pode-se afirmar que países exportadores de produtos florestais vêm na participação de celulose e papel no seu *quantum* exportado, um símbolo de *status* de sua representatividade.

Em 2008, A participação brasileira nas exportações de produtos florestais é de US\$ 7,9 bilhões, que representou 3,37% das exportações mundiais. De todos os produtos florestais que compõem a pauta de exportações brasileira, a celulose é o mais representativo atingindo 49,32% do total, o que colocou o país em 3º lugar no ranking mundial. A produção mundial foi de 176 milhões de toneladas de celulose. A participação brasileira foi de 12,85 milhões de toneladas (7,29% do total) fazendo com que o país ultrapassasse dos produtores tradicionais como Suécia, Finlândia, China e Noruega (FAO, 2009).

Os investimentos anunciados pelo setor indicam que a médio prazo, a produção de celulose atingirá o patamar de 40 milhões de toneladas (FAO, 2009). A celulose é uma *commodity* e seu mercado apresenta oferta e demanda inelástica, em relação a preço. A indústria de celulose é caracterizada de capital intensivo e economia de escala na produção. Além destes fatores, o domínio tecnológico existente, a especificidade e a irreversibilidade do capital fazem de longo tempo de maturação nos projetos fabris.

A maioria das florestas plantadas em todo o mundo foi incentivada pelos governos. As florestas plantadas se expandem rapidamente nos trópicos e subtropicais, impondo sua importância no mundo, para suprir essa oferta de madeira no futuro. Atualmente, eucaliptos e pinus são os gêneros mais usados para fins industriais (FAO, 2001).

A alta tecnologia silvicultural e de manejo atingidas, nas últimas três décadas, associada à elevada produtividade do eucalipto brasileiro, faz do Brasil um dos países com mais baixos custos de produção de celulose de fibra curta do mundo, na “caçamba” às vantagens comparativas e competitivas que possui (REZENDE; COELHO JUNIOR, BORGES, 2008).

Hirschman (1958) mostrou a questão sobre se uma indústria terá a condição ou capacidade de ser responsável pela indução de novas atividades e de procura. Das vantagens ocorridas na criação da indústria e se ter a disponibilidade interna de tal produção, em contraponto aos riscos e ameaças de se ter de importá-la.

Dada a importância da indústria de celulose na matriz industrial de um país é necessário que se estude o tempo que um país leva para se inserir nas exportações de celulose. Análise de Sobrevivência ou Confiabilidade é um conjunto de técnicas estatísticas construídas com a finalidade de estudar mais apropriadamente dados referentes ao tempo para ocorrência de um evento, como a inserção de um país se inserir no mercado mundial (COLOSIMO; GIOLO, 2006).

De acordo com Cardoso e Colosimo (2003), a presença da censura, é a principal característica dos estudos de sobrevivência, representa a observação parcial da resposta. Ou seja, por algum motivo, o acompanhamento foi interrompido para determinado país antes que a falha fosse observada. Isto significa que toda observação sobre os países exportadores de celulose se

resume ao conhecimento de que o tempo de falha é superior àquele que foi observado.

Nos métodos estáticos convencionais, a presença da censura dificulta a análise, sendo necessário que todas as falhas sejam conhecidas. Por esta razão, os modelos de sobrevivências devem receber atenção especial nas análises de produtos florestais.

Assim, o presente estudo ajusta um modelo do tempo necessário para um país exportar celulose, via modelo de regressão de Cox, para analisar quais covariáveis mais influenciam.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados

Os conjuntos de dados de sobrevivência são caracterizados pelos tempos de falha e pelas censuras. Estes dois componentes constituem a resposta. No caso deste trabalho, tem-se que o tempo de falha será o período que um país tem, desde o início dos estudos até começar exportar celulose. A censura é considerada para aqueles países que deixaram de exportar.

Segundo os registros da FAO a base de dados será composta por 131 países que exportam ou exportaram celulose no período de 1961 a 2008 (47 anos). O tempo de falha considerado foi do início dos estudos até o país começar a exportar celulose. A censura foi estabelecida para os países que, por algum motivo, deixaram de exportar celulose no fim do período em estudo (2008).

A Tabela 1 apresenta as covariáveis envolvidas no estudo, que podem ser agrupadas em três classes, conforme segue: Classe I – países que exportam produtos florestais (V01) e os indicadores ligados ao sub-setor de celulose (V02

a V05); Classe II - acordos comerciais internacionais: (V06) Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL); (V07) União Européia (UE); (V08) Associação Latino Americana de Integração (ALADI); (V09) Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico (APEC); (V10) Área de livre comércio das Américas (ALCA); Classe III - regiões geográficas (V11 a V15).

Tabela 1 Variáveis envolvidas no estudo.

Código	Descrição	Categorias
V1	Exportações de produtos florestais > US\$ 1.000,00	0 - não 1 - sim
V2	Consumo aparente de celulose > 0	0 - não 1 - sim
V3	Produção de celulose (t) > 0	0 - não 1 - sim
V4	Importação de celulose (t) > 0	0 - não 1 - sim
V5	Saldo comercial de celulose > US\$ 1.000,00	0 - não 1 - sim
V6	CEPAL	0 - não 1 - sim
V7	União Européia	0 - não 1 - sim
V8	ALADI	0 - não 1 - sim
V9	APEC	0 - não 1 - sim
V10	ALCA	0 - não 1 - sim
V11	África	0 - não 1 - sim
V12	Américas	0 - não 1 - sim
V13	Ásia	0 - não 1 - sim
V14	Europa	0 - não 1 - sim
V15	Oceania	0 - não 1 - sim

2.2 Modelo de regressão de Cox

Os modelos semi-paramétricos, mais conhecidos como modelo de regressão de Cox (1972), apresentam uma maior flexibilidade que os modelos paramétricos, e também permitem incorporar facilmente covariáveis dependentes do tempo.

Para o ajuste foi proposto o modelo de Regressão de Cox, cuja expressão geral é dada por

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(x' \beta)$$

em que,

$\lambda(t)$ e $\lambda_0(t)$ = funções de taxas de falha.

$x' = (x_1, \dots, x_p)$ = vetor dos p covariáveis

β = vetor dos parâmetros associados às covariáveis.

Para elaboração deste modelo será adotado em duas etapas a seguir.

2.2.1 Estratégias para seleção de covariáveis

Existem várias formas para seleção de covariáveis composta por rotinas automáticas e manuais. As rotinas automáticas para seleção de covariáveis que podem ser utilizadas são os métodos *forward*, *backward* ou *stepwise*. Estes métodos estão disponíveis em pacotes estatísticos e apresentam algumas desvantagens, pois tendem a identificar um particular conjunto de covariáveis, em vez de possíveis conjuntos igualmente bons para explicar a resposta.

Neste estudo serão utilizados métodos que envolvem mais de perto a interferência do pesquisador. A estratégia utilizada para seleção de covariáveis é derivada da proposta de Collet (1994), composta por seis passos para atribuir um modelo final:

- a) Ajustar todos os modelos contendo apenas uma única covariável. Incluir todas as covariáveis significativas, ao nível de 0,05, verificado pelo Teste da Razão de Verossimilhanças (TRV), sendo

$$H_0 : \beta = \beta_0 \xrightarrow{\text{sob } H_0} 2 \left| \log L(\hat{\beta}) - \log L(\hat{\beta}_0) \right| \sim^a \chi_{(1)}^2 \quad \text{em que,}$$

$\log L(\hat{\beta})$ é a Verossimilhança Maximizada para o Modelo Completo e $\log L(\hat{\beta}_0)$ é a Verossimilhança Maximizada para o Modelo Restrito a H_0 .

- b) As covariáveis significativas no Passo 1 foram então ajustadas conjuntamente. Colosimo e Giolo (2006) afirmam que na presença de certas covariáveis, outras podem deixar de ser significativas. Somente aquelas que atingiram a significância devem permanecer no modelo.
- c) Com as covariáveis que ficaram retidas no Passo 2, ajustou-se um novo modelo e as covariáveis que foram excluídas no Passo 2 retornaram ao modelo para confirmar se não são estatisticamente significativas.
- d) As casuais covariáveis significativas no Passo 3 foram incluídas ao modelo juntamente com aquelas do Passo 2. Neste passo retornaram-se com as covariáveis excluídas no Passo 1 para confirmar se elas não são estatisticamente significativas
- e) Ajusta-se então, um modelo incluindo as covariáveis significativas no Passo 4 e foi testado se alguma delas poderia ser retirada do modelo.
- f) Com as covariáveis selecionadas ajustou-se então o modelo final. Para completar a modelagem verificou-se a possibilidade de inclusão de termos de interação.

Para Colosimo e Giolo (2006), ao utilizar este procedimento de seleção, deve-se incluir as informações relevantes da pesquisa no processo de decisão e evitar ser muito rigoroso ao testar cada covariável individual, a sua significância. Para decidir se um termo deve ser incluído, o nível de significância deve ser um valor próximo de 0,10, para este estudo foi .

2.2.2 Adequação do modelo Cox

Segundo Colosimo e Giolo (2006), o modelo de regressão de Cox é bastante flexível devido a presença do componente não-paramétrico. A adequação do modelo de Cox é verificar a proporcionalidade do risco, em que foi utilizado o teste da razão de riscos proporcionais e também o gráfico do logaritmo da função risco acumulado versus o tempo de cada covariável. A situação extrema de violação para essa suposição é caracterizada por curvas que se cruzam.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os 131 países, ordenados de forma alfabética, considerando os países que falharam (linha preta) e os países censurados (linha vermelha). Observa-se que 108 países (falharam), i.e., exportaram celulose e 23 países foram censurados no período em estudo (2008).

A Tabela 2 apresenta a seleção de covariáveis para analisar o tempo decorrido (ou necessário) para um país exportar celulose, utilizando a proposta de Collett (1994) com 10% de nível de significância.

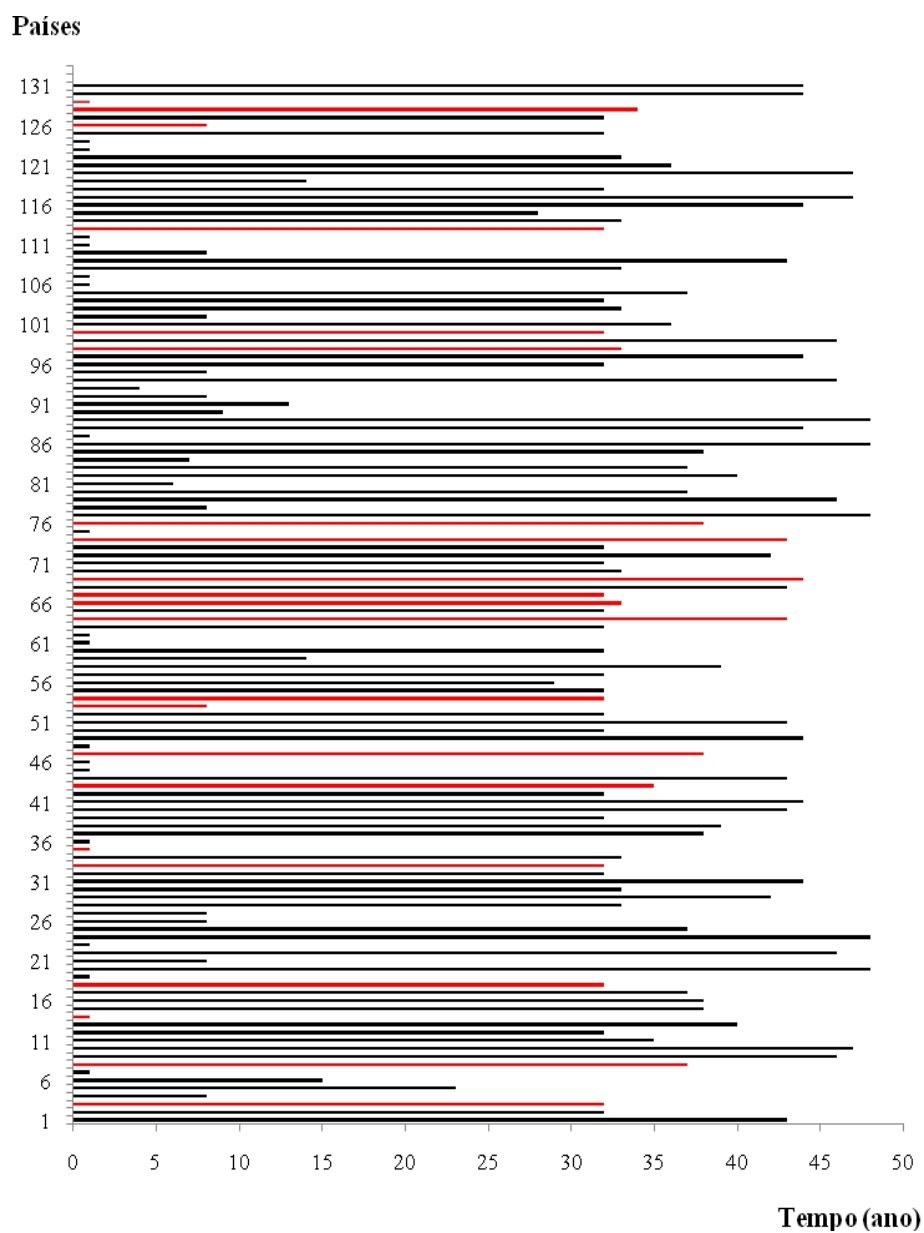


Figura 1 Tempo gasto para um país exportar celulose, no período de 1961 a 2008.

Tabela 2 Seleção de covariáveis usando o modelo de regressão de Cox.

Passos	Modelo	Log-Verossimilhança	TRV	Valor P
Passo 1	Nulo	-428,549200	-	-
	V1	-427,395400	2,3076	0,1287
	V2	-424,115800	8,8668	0,0029
	V3	-408,535200	40,028	2,50E-10
	V4	-427,929800	1,2388	0,2657
	V5	-427,885400	1,3276	0,2492
	V6	-425,362800	6,3728	0,0116
	V7	-422,018700	13,061	0,0003
	V8	-427,797800	1,5028	0,2202
	V9	-425,576200	5,946	0,0148
	V10	-427,789200	1,52	0,2176
	V11	-425,869100	5,3602	0,0206
	V12	-427,789200	1,52	0,2176
	V13	-427,103400	2,8916	0,0890
	V14	-424,300500	8,4974	0,0036
V15	-428,171000	0,7564	0,3845	
Passo 2	V02+V03+V06+V07+V09+V11+V13+V14	-397,3597000	-	-
	V03+V06+V07+V09+V11+V13+V14	-397,6466000	0,5738	0,4488
	V02+V06+V07+V09+V11+V13+V14	-408,3921000	22,0648	2,64E-06
	V02+V03+V07+V09+V11+V13+V14	-398,1221000	1,5248	0,2169
	V02+V03+V06+V09+V11+V13+V14	-400,2810000	5,8426	0,0156
	V02+V03+V06+V07+V11+V13+V14	-399,8494000	4,9794	0,0257
	V02+V03+V06+V07+V09+V13+V14	-397,5972000	0,475	0,4907
	V02+V03+V06+V07+V09+V11+V14	-397,6758000	0,6322	0,4265
V02+V03+V06+V07+V09+V11+V13	-397,4122000	0,105	0,7459	
Passo3	V03+V07+V09	-401,8344000	-	-
	V03+V07+V09+V02	-401,7814000	0,106	0,7447
	V03+V07+V09+V06	-398,0453000	7,5782	0,0059
	V03+V07+V09+V11	-401,0604000	1,548	0,2134
	V03+V07+V09+V13	-401,1484000	1,372	0,2415
	V03+V07+V09+V14	-401,8166000	0,0356	0,8503
Passo4	V03+V06+V07+V09	-398,0453000		
	V03+V06+V07+V09+V01	-397,9534000	0,1838	0,6681
	V03+V06+V07+V09+V04	-398,0405000	0,0096	0,9219
	V03+V06+V07+V09+V05	-397,0900000	1,9106	0,1669
	V03+V06+V07+V09+V08	-397,9820000	0,1266	0,7220
	V03+V06+V07+V09+V10	-398,0385000	0,0136	0,9072
	V03+V06+V07+V09+V12	-398,0385000	0,0136	0,9072
V03+V06+V07+V09+V15	-397,0091000	2,0724	0,1500	

"Continua"

“Tabela 2 Continua”

Passos	Modelo	Log-Verossimilhança	TRV	Valor P
Passo5	V03+V06+V07+V09	-398,0453000	-	-
	V06+V07+V09	-412,7771000	29,4636	5,70E-08
	V03+V07+V09	-401,8344000	7,5782	0,0059
	V03+V06+V09	-404,3522000	12,6138	0,0004
	V03+V06+V07	-400,8813000	5,672	0,0172
Passo6	V03+V06+V07+V09	-398,0453000	-	-
	V03+V06+V07+V09+(V03*V06)	-397,4595000	1,1716	0,2791
	V03+V06+V07+V09+(V03*V07)	-397,7333000	0,624	0,4296
	V03+V06+V07+V09+(V03*V09)	-396,7330000	2,6246	0,1052
	V03+V06+V07+V09+(V06*V07)	-396,4725000	3,1456	0,0761
	V03+V06+V07+V09+(V06*V09)	-398,0420000	0,0066	0,9353
	V03+V06+V07+V09+(V07*V09)	-398,0453000	0	1,0000
Modelo Final	V03+V06+V07+V09+(V06*V07)	-396,4725000		

No Passo 1, verificou-se a influência ou significância de apenas uma covariável de cada vez no modelo, com a retiradas das covariáveis V01 (Exportações de produtos florestais), V04 (Importação de celulose) e V05 (Saldo comercial de celulose) da Classe I - vocação florestal; V08 (ALADI) e V10 (ALCA) da Classe II - acordos comerciais e; V12 (Américas) e V15 (Oceania) da Classe III – regiões geográficas.

No Passo 2, restou para selecionar o modelo as seguintes covariáveis: ter consumo aparente de celulose (V02), produzir celulose (V03), CEPAL (V06), União Européia (V07), APEC (V09), África (V11), Ásia (V13), Europa (V14).

Para testar o grau de significância das covariáveis que restaram no Passo 1, as covariáveis foram retiradas do modelo uma a uma. Assim, saíram do modelo as seguintes covariáveis: ter consumo aparente de celulose (V02), CEPAL (V06), África (V11), Ásia (V13), Europa (V14), ou seja, excluindo uma da Classe I, uma da Classe II e totalmente a Classe III. Restando as covariáveis: produzir celulose (V03), União Européia (V07) e APEC (V09).

No Passo 3, voltam as covariáveis retiradas no Passo 2 (V02, V06, V11, V13, V14) para verificar se realmente elas devem sair do modelo. As

covariáveis eliminadas foram V02, V11, V13, V14 e retorna para o modelo as covariáveis CEPAL (V06). Assim, no Passo 3 restaram (no modelo) as covariáveis produzi celulose (V03), CEPAL (V06), União Européia (V07) e APEC (V09).

No passo 4, retornam as covariáveis eliminadas no Passo 1 [V01 (Exportações de produtos florestais), V04 (Importação de celulose) e V05 (Saldo comercial de celulose) da Classe I - vocação florestal; V08 (ALADI) e V10 (ALCA) da Classe II - acordos comerciais e; V12 (Américas) e V15 (Oceania) da Classe III – regiões geográficas], para verificar se, realmente, as mesmas devem ou não fazer parte do modelo. Concluiu-se que todas as covariáveis inseridas no Passo 4 devem ser eliminadas do modelo, restando apenas as covariáveis selecionadas no Passo 3.

No passo 5, seguiu-se o mesmo procedimento do Passo 2 com a retirada uma a uma das covariáveis que restaram do Passo 4 [produzir celulose (V03), CEPAL (V06), União Européia (V07) e APEC (V09)], verificando se estas covariáveis devem, ou não, permanecer no modelo. Constatou-se que todas as covariáveis são significativas para no modelo, portanto, não sendo retirada nenhuma delas.

No passo 6 verificou a integração entre duas covariáveis do modelo e constatou que o modelo pode fornecer ajuste, sendo

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) \exp(\beta_3 V03 + \beta_6 V06 + \beta_7 V07 + \beta_9 V09 + (\beta_6 V06 \cdot \beta_7 V07))$$

Nota-se que das 15 covariáveis testadas, 14 não foram significativas, principalmente, aquelas da Classe I – vocação florestal e da Classe III – regiões geográficas. A classe de covariáveis mais representativa no modelo de sobrevivência foi a Classe II – acordos comerciais.

Após a seleção do modelo, deve-se verificar se a pressuposição de riscos proporcionais do modelo de Cox é atendida. Dois métodos gráficos, um deles envolvendo o logaritmo da função de risco acumulado de base (Figura 2) e o outro, os resíduos padronizados de Schoenfeld (Figura 3) foram usados para essa finalidade. Em ambos os métodos foi construído um gráfico para cada covariável incluída no modelo final.

Observa-se na Figura 2 que as covariáveis V03, V06, V07, V09 e V06*V07 não violam a suposição de riscos proporcionais, pois suas curvas nos gráficos apresentam diferenças, aproximadamente, constantes no tempo. A situação extrema de violação deste pressuposto é caracterizada por curvas que se cruzam. A Figura 3 apresenta os resíduos padronizados de Schoenfeld.

O exame visual da Figura 3 confirma este fato, uma vez que as tendências ao longo do tempo são evidentes, principalmente, na covariável (V5) exportações de produtos florestais, indicando a validação do modelo.

Na Tabela 3 é apresentado o teste da proporcionalidade dos riscos no modelo ajustado para as covariáveis V03, V06, V07, V09 e V06*V07. Nota-se que as covariáveis V03 (produção de celulose) e V09 (APEC) são significativas, o que representa uma possível falha na suposição de riscos proporcionais para estas covariáveis. Conseqüentemente, o modelo global também foi significativo, levando à rejeição da hipótese nula de riscos proporcionais do modelo global. Assim, foi necessário eliminar estas covariáveis e re-estimar o modelo.

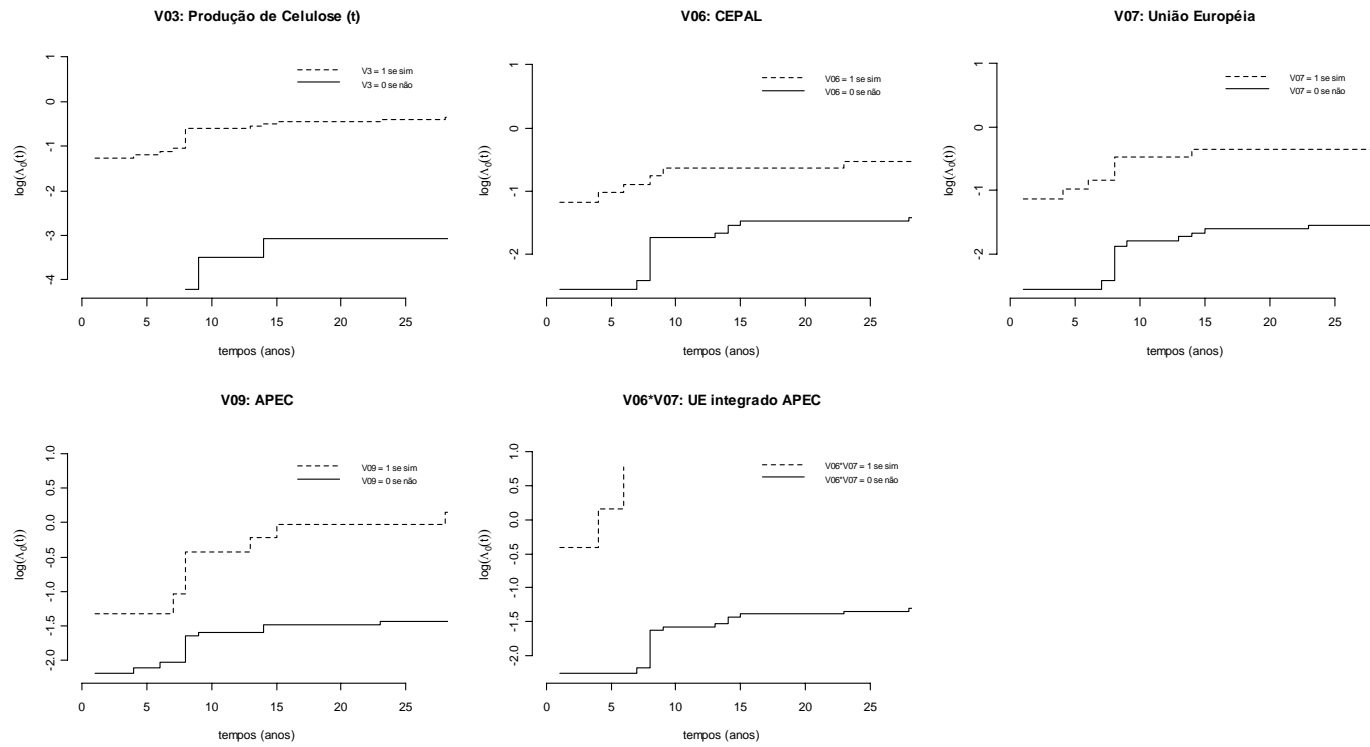


Figura 2 Logaritmo da função risco acumulado versus tempo para as covariáveis V03, V06, V07 V09 e V06*V07.

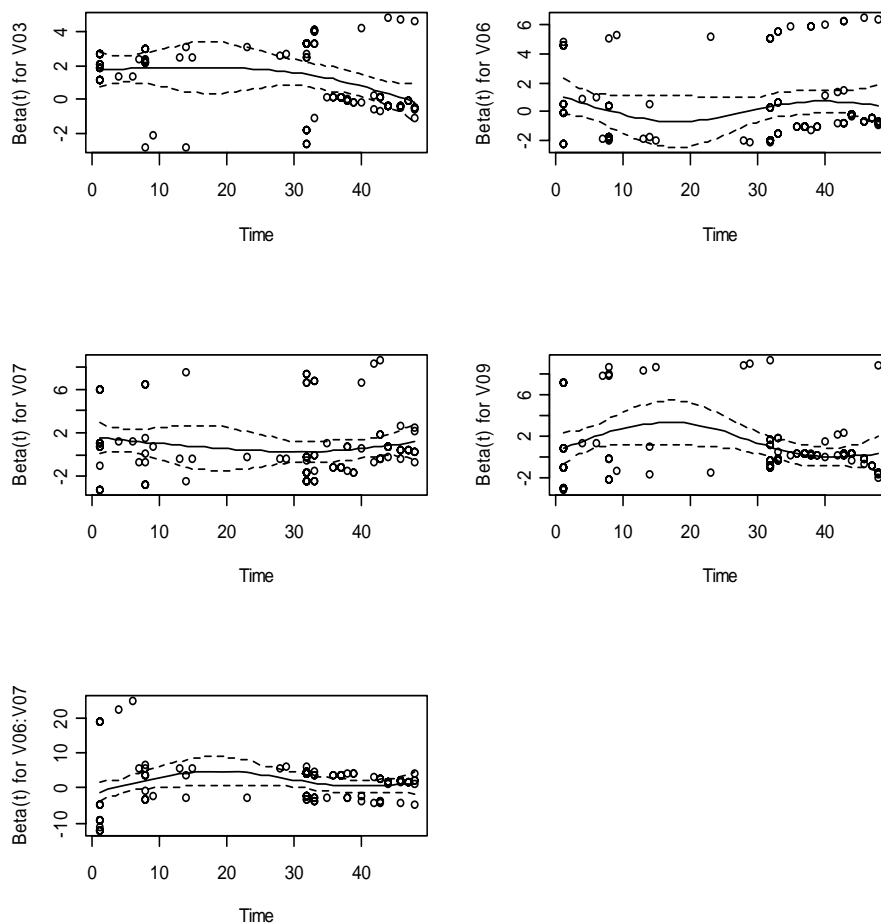


Figura 3 Resíduos padronizados de Schoenfeld *versus* os tempos para as covariáveis V03, V06, V07, V09 e V06*V07.

Na Tabela 4 é apresentado o teste da proporcionalidade dos riscos no modelo ajustado para as covariáveis V06, V07 e V06*V07. Pode-se observar que os valores dos coeficientes de correlação de Pearson (ρ) são próximos de

zero, evidenciando a não rejeição da hipótese nula de riscos proporcionais do modelo global, de acordo com o nível de significância de 10%.

Tabela 3 Testes da proporcionalidade dos riscos no modelo Cox ajustado para as covariáveis V03, V06, V07, V09 e V06*V07.

	Covariáveis	rho (ρ)	χ^2	Valor-p
V03	Produção de celulose	-0,2946	6,45176	0,0111
V06	CEPAL	-0,0089	0,00846	0,9267
V07	União Européia	-0,0930	0,89581	0,3439
V09	APEC	-0,1827	3,18397	0,0744
V06*V07	UE * APEC	0,0406	0,21117	0,6459
GLOBAL			11,26243	0,0464

Tabela 4 Testes da proporcionalidade dos riscos no modelo Cox ajustado para as covariáveis V06, V07 e V06*V07.

	Covariáveis	rho (ρ)	χ^2	Valor-p
V06	CEPAL	-0,1111	1,282	0,258
V07	União Européia	-0,0774	0,619	0,431
V06*V07	UE * APEC	0,0717	0,664	0,415
GLOBAL			1,591	0,662

A Tabela 5 apresenta os resultados do ajuste do modelo de Cox e razões de risco (RR) correspondentes.

Tabela 5 Resultados do ajuste do modelo de Cox e razões de risco (RR) correspondentes.

Covariáveis	Estimativas	Erro Padrão	Valor-p	RR	LI(95%)	LS(95%)
V06	0,5482	2,195	0,02819	1,7301	1,060	2,823
V07	0,8825	3,163	0,00156	2,4170	1,399	4,176
V06*V07	1,2566	2,148	0,03171	3,5135	1,116	11,058

De acordo com a Tabela 5 o risco (chance) de um país sobreviver exportando de celulose pertencendo a CEPAL (V06) é 1,7301 vezes o risco de um país que não pertence a CEPAL. O risco de um país pertencente à União Européia (V07) é 2,4170 vezes o risco de um país não pertencente à União Européia. Enquanto o risco (chance) de um país pertencente a integração das covariáveis **V06*V07** é 3,5135 vezes o risco de um país não pertencente a esta integração.

Observa-se que o Brasil se insere no modelo selecionado por meio das covariáveis “CEPAL” (V06) e a “integração Cepal e União Européia” (**V06*V07**). Assim, de acordo com a Tabela 3, as chances de o Brasil sobreviver exportando Celulose são bem maiores que as dos demais países.

4 CONCLUSÕES

Das 15 covariáveis escolhidas para ajustar o modelo de Cox, 2 foram significativas para explicar a sobrevivência de um país exportar celulose; As covariáveis constantes no modelo global não violaram a suposição de riscos proporcionais.

As covariáveis que explicaram as chances (risco) de um país exportar celulose de acordo com a razão de risco foram, em ordem decrescente, a integração da CEPAL com a União Européia (**V06*V07**), pertencer à União Européia (V07) e pertencer a CEPAL (V6).

O Brasil se insere no modelo selecionado por meio das covariáveis “CEPAL” (V06) e a “integração entre a Cepal e a União Européia” (**V06*V07**);

As chances de o Brasil sobreviver exportando Celulose são maiores que a dos demais países.

REFERÊNCIAS

BASTOS, J.; ROCHA, C. Análise de sobrevivência: métodos não paramétricos. **Arquivos de Medicina**, Curitiba, v. 20, n. 5/6, p.111-114, 2006.

CARDOSO, F. A.; COLOSIMO, E. A. Avaliação da suposição de riscos proporcionais para o modelo de Cox. In: REUNIÃO RBRAS, 48; SEAGRO, 10., 2003, Lavras. **Anais Eletrônicos...** Lavras: UFLA, 2003. Disponível em: <<http://www.posgraduacao.ufla.br/gauss/congresso/10seagro/resumos/1002.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2010.

COLLET, D. **Modeling survival data in medical research**. New York: Chapman and Hall, 1994.

COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. **Análise de sobrevivência aplicada**. São Paulo: E. Blücher, 2006. (ABE - Projeto Fisher).

COX, D. R. Regression models and life tables (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society: serie B, statistical methodology**, Oxford, v. 34, n. 2, p. 187-220, 1972.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **State of the world's forests**. Rome: FAO, 2009. 152 p.

HIRSCHMAN, A. O. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observation. **Journal of the American Association**, Chicago, v. 53, n. 282, p. 457-481, June 1958.

MANTEL, N. Evaluation of survival data and two new rank order statistics arising in its consideration. **Cancer Chemotherapy Reports**, Bethesda, v. 50, n. 3, p. 163-170, Feb. 1966.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p. 11-42.

UGALDE, L.; PÉREZ, O. **Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species**. Rome: FAO, 2001.

ARTIGO 4**ANÁLISE COMPARATIVA DE UM PORTFÓLIO FLORESTAL EM
RELAÇÃO AO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO****RESUMO**

Este trabalho analisou um portfólio florestal e o comparou com o desempenho Ibovespa (*benchmark*), no período de 2003 a 2007, projetando para o período de 2008-2012, em condições de risco, a rentabilidade desta carteira, comparativamente à do Ibovespa. O portfólio florestal foi formado por dez empresas do setor florestal credenciadas na BOVESPA. Para a análise de risco usou-se o critério de Monte Carlo. Os principais resultados encontrados foram: em média, no período analisado, a valorização do portfólio florestal superou a valorização do Ibovespa; das dez empresas que compõe o portfólio, 50% tiveram valorização acima da valorização do Ibovespa; o investimento no portfólio florestal está propenso a um risco maior do que o investimento do Ibovespa; as estatísticas descritivas mostraram que as simulações das carteiras são distribuições assimétricas; a moda do portfólio florestal situou-se no percentil 25, enquanto a moda do Ibovespa situou-se no percentil 35, indicando que o portfólio apresenta maior probabilidade de ganho; das 9 empresas que compõe o portfólio florestal na análise as empresas Celulose Irani S.A, a Cia. Melhoramentos de São Paulo e a MELPAPER S.A. foram responsáveis pela alta rentabilidade da carteira.

Palavras-chave: Economia florestal. Rentabilidade. Método Monte Carlo. Risco e incerteza.

ARTICLE 4**COMPARATIVE ANALYSIS OF A FORESTRY PORTFOLIO IN
RELATION TO THE BRAZILIAN STOCK MARKET****ABSTRACT**

This study examined a forestry portfolio and compared it with the Ibovespa performance (benchmark) in the period 2003 to 2007, forecasting for the period 2008-2012, under risk conditions, the profitability of this portfolio, compared to Ibovespa. The forestry portfolio was made up of ten forestry companies accredited in BOVESPA. For risk analysis, the Monte Carlo's test was used. The main results found were: on average, over that period, the valuation of the forest portfolio beat the appreciation of Ibovespa; from the ten companies that composed the portfolio over that period, 50% of them had higher profitability than Ibovespa; investment in forestry portfolio is prone to greater risk than investing in Ibovespa; the descriptive statistics showed that the simulations of the portfolio are asymmetric distributions; the mode of the forestry portfolio was in the 25th percentile, while the mode of the Ibovespa is on 35th percentile; from the 10 companies that comprise the forestry portfolio, only three were contributed significantly to the high profitability of the portfolio.

Key-words: Forest economics. Profitability. Monte Carlo method. Risk and uncertainty.

1 INTRODUÇÃO

A incerteza é sempre um desafio de adaptação humana, porque o homem não consegue viver em um ambiente desconhecido. Esse tipo de ambiente indica e transmite um sentimento de medo e ameaça em relação ao futuro. Como a aventura e a conquista também são características marcantes, percebe-se que, na mente das pessoas, há um conflito de idéias entre a incerteza e a ousadia (HIRSCHFELD, 1989).

Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar os recursos florestais disponíveis na natureza como fonte de insumos, alimentos, remédios, forragem, fertilizantes, energia, fibra, resina, goma, materiais de construção, entre muitos outros. Com o desenvolvimento tecnológico, o homem passou a aplicar novas técnicas de utilização dos recursos.

O setor florestal é uma atividade importante sob diversos aspectos: do ponto de vista econômico, gera produtos de consumo direto e indireto, impostos, emprego e renda para a sociedade e, do ponto de vista ambiental, atua na conservação e preservação dos recursos naturais (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

Sob o aspecto financeiro, o mercado de capitais é responsável por promover a riqueza nacional por meio da participação da poupança de cada agente econômico, seja interna ou externa ao setor produtivo (ASSAF NETO, 2007).

As empresas florestais de médio a grande porte que visam a ampliar seu parque industrial investem em novas tecnologias na busca de ganhos de produtividade e de mercado. Para que isto ocorra, estes aglomerados necessitam de capital para investir, podendo se beneficiar de empréstimos bancários. Outro meio de capitalização a custo mais baixo é oferecer ações no mercado financeiro a longo prazo, abrindo seu capital e se tornando uma Sociedade Anônima (S.A).

Com a abertura de capital, a empresa se torna mais eficiente devido à transparência de administração de forma profissionalizada, como uma empresa séria e de boa imagem, para atender às expectativas dos acionistas que esperam um retorno (HISSA, 2008).

A ação é a menor parte do capital da empresa em forma de títulos de renda variável, pois não se tem certeza do rendimento futuro e, quando adquirida, o respectivo possuidor torna-se sócio da mesma e não um credor. A incerteza atua como se fosse uma espécie de freio para o ímpeto dos investidores; enquanto que a ousadia corresponde ao acelerador. Cabe ao tomador de decisões cercar-se de informações relevantes e confiáveis para conduzir seus empreendimentos sem perdas ou danos econômicos futuros (DEQUECH, 2000).

O comércio das ações se dá por meio do mercado primário e secundário. No mercado primário, as empresas lançam ações para financiar seus projetos (CAVALCANTE; MISUMI, 2001). O mercado secundário trata de negociações posteriores, em Bolsas de Valores ou em Mercado de Balcão, em que os resultados não financiam as empresas, pois é uma troca de títulos entre acionistas, que tem como função dar liquidez ao mercado (ASSAF NETO, 2007).

Pode-se comprar ou vender um ativo hoje para ser liquidado em data futura ou comercializar no mercado de opções, pois o investidor tem direitos de exercer, ou não, um contrato futuro com preços já determinados (HISSA, 2008). O risco se insere nas tomadas de decisões estratégicas devido à possibilidade de insucesso de um determinado evento, seja no investimento de um projeto, no lançamento de um determinado produto, nas estratégias de marketing, na competição de mercado, no comportamento das vendas, etc. (LINSMEIER; PEARSON, 1996).

Nesta abordagem, o projeto é visto como uma opção que pode ser exercida ou não, segundo as condições do mercado. Devido à oscilação no mercado variável o investimento em ações torna-se arriscado por não se saber o retorno e, principalmente, a hora certa de entrar e comprar uma ação com seu menor preço (vale) e vender a ação com o seu valor maior (pico). Mas, sendo um investimento para um longo prazo, a volatilidade torna-se menos importante que a evolução econômica interna e externa.

O objetivo deste trabalho foi analisar um portfólio florestal e compará-lo com o desempenho do Ibovespa, no período de 2003 a 2007, projetando para o período de 2008-2012, em condições de risco, a rentabilidade desta carteira, comparativamente ao Ibovespa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A teoria dos jogos tem por característica estabelecer estratégias para minimizar ou maximizar ganhos para o tomador de decisões. Pindyck e Rubinfeld (2006) mostram que o Jogo é uma situação em que os jogadores (participantes) tomam decisões estratégicas, que levam em consideração as atitudes e respostas dos outros. A decisão tomada por um jogador reflete diretamente em seu ganho ou prejuízo, formando assim um *payoff* (recompensa). Decisões estratégicas resultam em *payoffs* para os jogadores, resultados que acarretam recompensas ou benefícios.

O jogador utiliza a melhor estratégia para maximizar seu *payoff*, por meio de informações adquiridas da empresa. O resultado depende primariamente da escolha de liberadora de um curso de ação. A teoria dos jogos ajuda os agentes envolvidos a entender teoricamente o processo de decisão, a lógica da situação que melhor explora a possibilidade de interação entre os jogadores e

resultados, que nem sempre correspondem à intuição desejada por um agente isolado (CHIANG, 2005).

A estratégia dominante é aquela que independe do que seu oponente possa fazer. A estratégia escolhida pelo oponente, qualquer que seja, não será melhor, criando assim uma vantagem comparativa entre os oponentes (PINDYCK E RUBINFELD, 2006).

Para a criação de um jogo são necessários elementos básicos como a descrição e análise do modelo, interações entre eles, agente com capacidade de decisão, racionalidade em suas decisões e o comportamento estratégico que o jogador assume.

2.1 Formação do portfólio do setor florestal

A Tabela 1 apresenta as empresas credenciadas na Bolsa de Valores de São Paulo (BOVESPA), no mercado *spot* (à vista), para a formação da carteira de ações (portfólio), negociando no mercado à vista até 2008. A cotação estabelecida foi o valor de fechamento do primeiro dia útil do ano em que foi comercializada a ação e do último dia útil, no mercado à vista.

O valor da compra é determinado pelo seu preço unitário, fornecido pela BOVESPA, multiplicado pela quantidade de ações que se necessita para se formar um lote, que geralmente é de cem ações.

Com a carteira formada, estuda-se a evolução dos preços nominais de suas ações mais comercializadas no mercado à vista, no período de 2 de janeiro de 2003 a 28 de dezembro de 2007, que foram, respectivamente, o primeiro e o último dia útil de cada ano (Tabela 2).

Tabela 1 Empresas de base florestal credenciadas na BOVESPA.

Código	Empresa	Setor
DURA 4	Duratex S.A	Madeira
EUCA 4	Eucatex S.A.	Madeira
SATI 3	Satipel S.A.	Madeira
ARCZ 6	Aracruz Celulose S.A	Papel e celulose
RANI 4	Celulose Irani S.A	Papel e celulose
KLBN 4	Klabin S.A.	Papel e celulose
MSPA 4	Cia. Melhoramentos de São Paulo	Papel e celulose
MLPA 4	MELPAPER S.A.	Papel e celulose
SUZB 5	Suzano Papel e Celulose S.A	Papel e celulose
VCPA 4	Votorantim Celulose e Papel S.A	Papel e celulose
STTZ	Santher fábrica de papel Santa Therezinha S.A	Papel e celulose
NEMO 5	Suzano Holding S.A.	Papel e celulose

Fonte: BOVESPA (2008).

A lucratividade de uma carteira ou de uma ação visa a avaliar se o investimento corresponde diante de outras oportunidades oferecidas no mercado. O investidor adota um índice de referência (*benchmark*) para a melhor compreensão da evolução do investimento feito.

O *benchmark* utilizado é o índice BOVESPA (Ibovespa) por retratar o comportamento dos principais papéis negociados na BOVESPA. Este indicador é o mais recomendado para medir o desempenho médio das cotações do mercado de ações brasileiro. O Ibovespa é o índice mais utilizado como referência para os fundos de ações por refletir o comportamento e a tendência do mercado, contendo ações de empresas de grande representatividade na economia.

Tabela 2 Evolução dos preços (R\$) das ações das empresas florestais na Bovespa, de 2003 a 2007.

Ano	2003		2004		2005		2006		2007	
	Código	1º Dia	Ultimo dia	1º Dia	Ultimo dia	1º Dia	Ultimo dia	1º Dia	Ultimo dia	1º Dia
DURA 4	10,20	16,60	16,56	24,80	25,00	29,89	29,40	33,40	33,30	43,89
EUCA 4	1,16	0,52	0,53	0,70	0,70	1,02	1,15	1,90	3,00	8,99
SATI 3	-	-	-	-	-	-	-	-	12,94	12,00
ARCZ 6	6,82	10,60	10,15	10,12	9,85	9,30	9,03	13,13	13,65	12,91
RANI 4	1,03	3,10	3,00	6,20	6,20	9,48	9,50	12,00	12,00	65,00
KLBN 4	1,06	3,76	3,92	5,40	5,38	4,15	4,09	5,35	5,39	6,61
MSPA 4	2,00	4,00	3,10	3,10	3,10	2,50	3,71	19,00	20,00	51,95
MLPA 4	3,50	3,50	3,50	4,90	3,43	3,43	6,00	6,00	5,99	49,50
SUZB 5	-	-	13,68	13,73	13,50	11,77	11,58	21,20	22,35	29,00
VCPA 4	19,80	29,74	30,28	36,85	35,57	27,15	26,08	40,39	41,95	54,20

Fonte: BOVESPA (2008).

Obs.: informações coletadas pelas centrais de relações ao investidor

Para verificar a rentabilidade do portfólio florestal foi calculado o retorno esperado da seguinte forma:

$$E(R_p) = \bar{R}_p = \sum_{j=1}^n R_j \times W_j$$

em que,

$E(R_p)$ = Esperança matemática da carteira;

\bar{R}_p = Retorno médio esperado da carteira;

R_j = Retorno esperado do ativo j ;

W_j = Proporção do capital total investido no ativo j ;

n = Número total de ativos que compõem a carteira.

2.2 Identificação dos riscos e das incertezas (variáveis de entrada)

Para a análise de risco de um projeto é necessário identificar as oportunidades e as ameaças que influenciam as variáveis envolvidas no mesmo. A Tabela 3 mostra as variáveis independentes, i.e., a variação anual (%) dos preços (R\$) das ações das empresas florestais (portfólio) na Bovespa, de 2003 a 2007. Estes valores foram considerados como as variáveis de entrada (*inputs*).

Para mensurar as incertezas dos valores das variáveis de entrada utilizou-se a distribuição triangular, atribuindo os valores máximos, mínimos e mais prováveis das variações anuais do preço do valor das ações de cada empresa que compõe o portfólio florestal. A distribuição triangular deve ser usada na ausência de maiores informações sobre as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias envolvidas. Esta distribuição permite boa flexibilidade quanto ao grau de assimetria da distribuição.

Tabela 3 Variação anual (%) dos preços (R\$) das ações das empresas florestais na Bovespa, de 2003 a 2007.

Código	Setor	2003	2004	2005	2006	2007
DURA 4	Madeira	62,75	49,76	19,56	13,61	31,8
EUCA 4	Madeira	-55,17	32,08	45,71	65,22	199,67
ARCZ 6	Papel e Celulose	55,43	-0,3	-5,58	45,4	-5,42
RANI 4	Papel e Celulose	200,97	106,67	52,9	26,32	441,67
KLBN 4	Papel e Celulose	254,72	37,76	-22,86	30,81	22,63
MSPA 4	Papel e Celulose	100	0	-19,35	412,13	159,75
MLPA 4	Papel e Celulose	0	40	0	0	726,38
SUZB 5	Papel e Celulose		0,37	-12,81	83,07	29,75
VCPA 4	Papel e Celulose	50,2	21,7	-23,67	54,87	29,2

2.3 Identificação das variáveis de análise ou variáveis de saída

O método do Valor Final Líquido (VFL), tomado como variável de saída (*output*) foi o critério de avaliação econômica usado para avaliar o rendimento do portfólio florestal e do Ibovespa, no período de 2008 a 2012.

Segundo Rezende e Oliveira (2008), a fórmula utilizada para calcular o Valor Final ou Valor Futuro de um capital inicial colocado a juros por determinado prazo é:

$$V_m = V_0(1+i)^m$$

Assim, considerando em que V_m é o valor futuro do retorno do portfólio florestal (VF_{flor}), que V_0 é o valor presente líquido (VPL), que i é o retorno médio esperado do portfólio (\bar{R}_p) e que m é o total de períodos de tempo em que \bar{R}_p está expresso, pode-se escrever a expressão anterior como:

$$VF_{flor} = VPL(1 + \bar{R}_p)^m$$

Para facilidade de cálculo, assumiu-se um investimento inicial de uma unidade de capital, assim o $VPL = 1$.

2.4 Simulação e Análise dos Modelos

Utilizou o software @Risk para realizar a análise de risco. Esse programa permite a aplicação do método de Monte Carlo para simular valores para variáveis aleatórias e independentes em função dos valores da variável dependente (PALISADE CORPORATION, 2009).

Após conhecida a rentabilidade do portfólio florestal, foram realizadas 100.000 simulações para a variável de saída (VF_{flor}), utilizando números pseudo-aleatórios, isto é, gerou-se uma série de valores para a variável de análise para a obtenção de sua distribuição de frequência simples e acumulada.

Obtida a distribuição de probabilidades das variáveis de saída, toma-se a decisão com base nas informações encontradas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O portfólio florestal

No início da análise, para o ano de 2003, a carteira foi composta por oito empresas, atribuindo para cada empresa o mesmo peso (12,5%) na carteira. Para os anos de 2004 a 2006, o peso foi de 11,11% por empresa, devido à inclusão da Suzano Papel. Em 2007, a carteira de ações foi composta por dez empresas do setor florestal negociadas na Bovespa, devido à inclusão da Satipel, que iniciou a negociação de ações ordinárias no mercado à vista. O peso de cada empresa foi, então, de 10%.

A Tabela 3 mostra a formação e a evolução do portfólio florestal no período de 2003 a 2007. Pode-se observar que no período de análise, a Aracruz

Celulose (ARCZ 6), a líder do mercado brasileiro de celulose de fibra curta, não apresentou resultados satisfatórios, o mesmo ocorrendo com a Satipel (SATI3).

Tabela 4 Rendimento das ações das empresas no portfólio florestal (2003 - 2007).

Código	2003	2004	2005	2006	2007
DURA 4	7,84	5,53	2,17	1,51	3,18
EUCA 4	-6,90	3,56	5,08	7,25	19,97
SATI 3					-0,73
ARCZ 6	6,93	-0,03	-0,62	5,04	-0,54
RANI 4	25,12	11,85	5,88	2,92	44,17
KLBN 4	31,84	4,20	-2,54	3,42	2,26
MSPA 4	12,50	0,00	-2,15	45,79	15,98
MLPA 4	0,00	4,44	0,00	0,00	72,64
SUZB 5		0,04	-1,42	9,23	2,98
VCPA 4	6,28	2,41	-2,63	6,10	2,92
Portfólio florestal	83,61	32,00	3,77	81,27	162,82
Ibovespa	91,64	16,71	30,07	32,73	40,77
Balanco do portfólio	-8,03	15,29	-26,30	48,54	122,05

No ano de 2003, o portfólio do setor florestal teve uma valorização de, aproximadamente, 83,61%, isto é, se fosse investido R\$ 1.000,00 no primeiro dia e vendida a carteira no último dia ano de 2003, o ganho seria de R\$ 836,10, com valor bruto de R\$ 1.836,10. Neste período, o *benchmark* (Ibovespa) teve a seguinte variação: em 2 de janeiro de 2003 estava com 11.602,90 pontos e, em 30 de dezembro de 2003, com 22.236,30 pontos. O Ibovespa teve uma valorização de, aproximadamente, 91,64% no ano. Comparando a carteira formada do setor florestal com o *benchmark*, a carteira obteve uma maior valorização, abaixo do índice Ibovespa em, aproximadamente, 8,03%. As empresas que mais contribuíram para o rendimento do portfólio foram a KLBN 4 com 31.839,62 pontos e a RANI 4 com 25.121,35 pontos.

O portfólio do setor florestal formado no ano de 2004 teve uma valorização de, aproximadamente, 32%, sendo que a MSPA 4 não comercializou suas ações no Bovespa, prejudicando o rendimento médio do portfólio. Neste ano, enquanto a rentabilidade do *benchmark* foi de 16,71%, o portfólio, em relação Ibovespa, valorizou 15,29 pontos percentuais a mais. O índice Ibovespa começou o ano com 22.444,71 pontos e terminou com 26.196,25 pontos. Neste período a EUCA 4 se recuperou do ano anterior

No ano de 2005, a carteira teve uma valorização de aproximadamente 3,76%, sendo que a MSPA 4 não comercializou suas ações na Bovespa, fazendo com que as outras empresas tivessem que ter desempenhos melhores. Comparando a variação obtida na carteira com o *benchmark*, o índice Ibovespa variou cerca de 30,07%, quando começou o ano com 25.722,01 pontos e terminou com 33.455,94. A rentabilidade deficitária do portfólio foi de 26,31% devido a queda das ações da VCPA 4; KLBN 4; MSPA 4 do setor de papel e celulose.

No ano de 2006, com o comércio internacional em crescimento o portfólio teve uma valorização de 81,27%, no mesmo ano o *benchmark* variou 32,73%, começando com 33.507,27 pontos e terminando o ano com 44.473,71 pontos. A lucratividade da carteira foi de 48.540,0 pontos. Neste ano a MSPA4 obteve seu melhor desempenho no mercado acionário

A carteira formada com as ações de dez companhias do setor teve uma valorização de 162,82% no ano de 2007. O *benchmark* de 2007 teve a sua primeira cotação em 45.382,61 pontos e sua última cotação foi 63.886,10, variando em, aproximadamente, 40,77%. Em comparação com o índice Ibovespa, a carteira obteve um rendimento superior em 122,05%, quase quatro vezes maior que a variação do *benchmark*.

A Figura 1 mostra o desempenho do portfólio e do índice Ibovespa que foi usado como *benchmark* ou referência. Essa variação nominal final teve como

parâmetro a utilização dos dados relativos à cotação das ações do portfólio no primeiro dia útil de suas respectivas negociações, no ano de 2003, e teve como valor final a cotação último dia útil do ano de 2007. Seguindo o mesmo raciocínio, foi calculada a variação do índice Ibovespa.

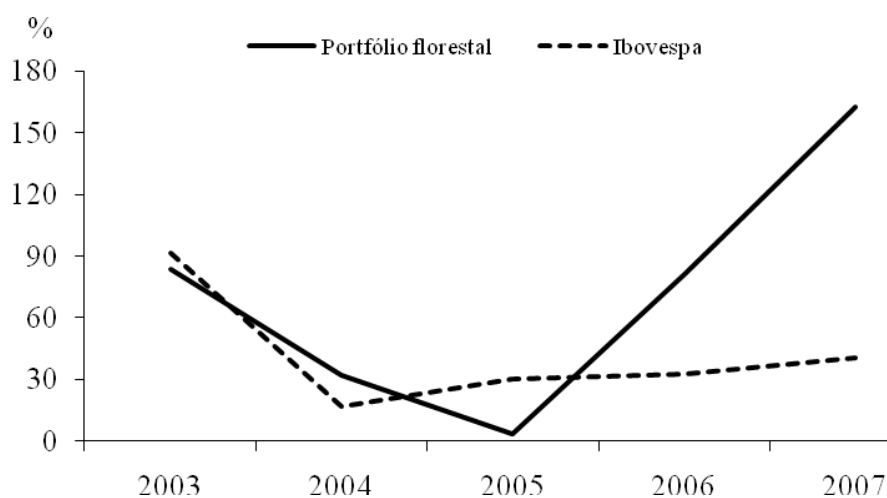


Figura 1 Desempenho do portfólio florestal e do Ibovespa, no período de 2003 a 2007.

3.2 Análise de risco do investimento no portfólio florestal

A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva da rentabilidade das ações das empresas no portfólio florestal e no Ibovespa para o ano de 2012. Mesmo os valores mínimos da simulação das duas carteiras indicam que há rentabilidade no período considerado.

A análise dos percentís, considerando o percentil 25, indicou, para o portfólio florestal, lucratividade de 15,08%, portanto bem próximo da moda que foi de 15,20%, enquanto o Ibovespa, no mesmo percentil, apresentou

rentabilidade de 5,12%.

As medidas estatísticas de posição, média, mediana, assimetria e curtose indicam que as distribuições dos valores de saída do portfólio florestal e do Ibovespa seguem uma distribuição assimétrica positiva, uma vez que os valores da média são maiores que da mediana, que por sua vez é maior que da moda para ambas as variáveis de saída analisadas (portfólio florestal e Ibovespa).

Tabela 5 Estatística descritiva da rentabilidade do portfólio florestal e do Ibovespa em 2012.

Estatística	Portfólio	Ibovespa	Percentil	Portfólio	Ibovespa
Mínimo	2,22	2,17	5	9,08	3,24
Máximo	141,86	25,73	15	12,43	4,27
Média	24,82	8,51	25	15,08	5,12
Desvio padrão	13,43	4,53	35	17,64	5,91
Variância	180,36	20,48	45	20,30	6,77
Assimetria	1,37	1,09	55	23,29	7,82
Curtose	5,67	3,72	65	26,80	9,15
Mediana	21,75	7,27	75	31,31	10,91
Moda	15,20	5,79	85	37,93	13,43
			95	51,06	17,90

Observa-se que a assimetria do portfólio florestal é maior que a do Ibovespa, indicando que aquele tem uma propensão maior ao risco do que este. A análise da curtose indicou que, para ambas as variáveis de saída, houve uma curva leptocúrtica, indicando que a distribuição desses valores está mais concentrada nas medidas de posição que a distribuição normal.

O valor mais provável de rendimento (moda) do portfólio é de 15,20%, que se encontra próxima do percentil 25, enquanto a moda do Ibovespa é de 5,79%, próximo do percentil 35.

Os investidores avessos a risco tenderiam, portanto, a investir no Ibovespa, que apresenta menor spread (variância = 20,48).

O investidor mais propenso a riscos investiria no portfólio florestal, aceitando um spread maior (variância = 180,36) ou uma variação mais ampla na distribuição dos resultados para uma média de 24,82% (próximo ao percentil 65) e desvio padrão 13,43. Este investidor, propenso ao risco, é mais influenciado por resultados extremamente positivos, mesmo quando sua probabilidade de ocorrência é pequena (percentil 95 = 51,06%).

A Figura 2 apresenta o histograma da simulação de investimento no Ibovespa e os ajustes das distribuições teóricas de probabilidade, para 2012. Observa-se que a curva de distribuição Beta foi a que proporcionou melhor ajuste ($\chi^2 = 1.790,17$) para as probabilidades, seguida das distribuições Gauss inversa e da Log normal. As distribuições teóricas Gamma, Pearson6 e Weibull não apresentaram resultados satisfatórios para a simulação.

A Figura 3 apresenta o histograma da simulação de investimento no portfólio florestal e os ajustes das distribuições teóricas de probabilidade, para 2012. Observa-se que a curva de distribuição Gauss inversa foi a que proporcionou melhor ajuste ($\chi^2 = 263,08$) para as probabilidades, seguida das distribuições Log normal e Pearson tipo 5. As distribuições teóricas Beta geral, Gamma, Pearson6 e Weibull não apresentaram resultados satisfatórios para a simulação.

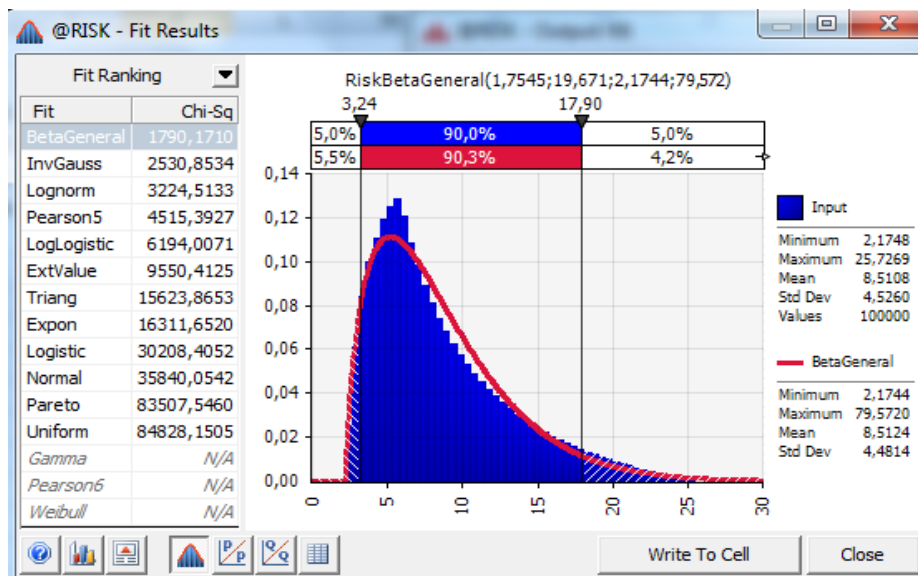


Figura 2 Histograma do Ibovespa e a comparação dos ajustes das distribuições de probabilidade teórica, para 2012.

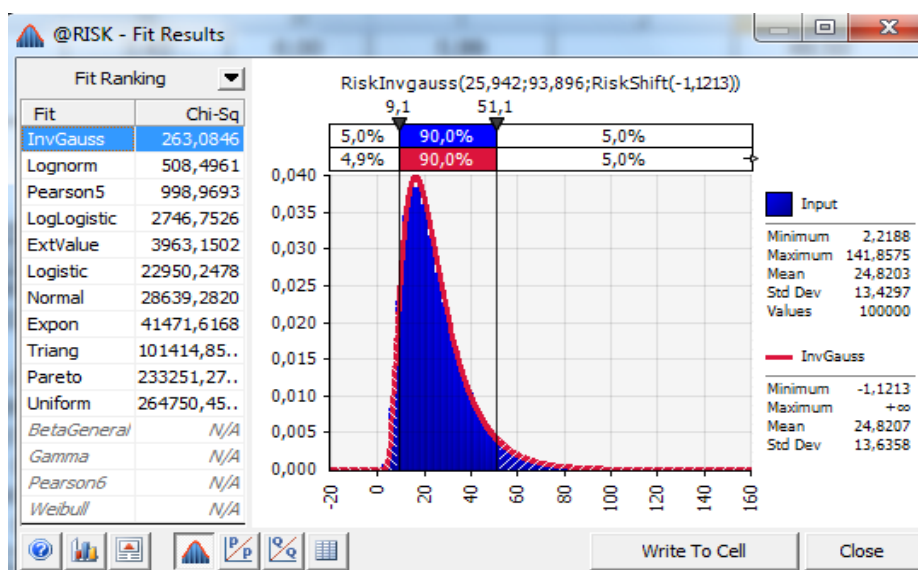


Figura 3 Histograma do portfólio florestal e a comparação dos ajustes das distribuições de probabilidade teórica, para 2012.

A Tabela 6 mostra a análise de dois cenários, 1º e 4º quartis, do portfólio florestal em relação às variáveis de entrada.

Tabela 6 Análise de cenários do portfólio florestal em relação às variáveis de entradas.

Ranking	Código	>75%	<25%
1	MLPA 4	0,8318	0,2079
2	MSPA 4	0,6971	0,2953
3	RANI 4	0,6893	-
	VCPA 4	-	-
	SUZB 5	-	-
	KLBN 4	-	-
	ARCZ 6	-	-
	EUCA 4 1	-	-
	DURA 4	-	-

As interações que geraram o 4º quartil (>75%) da distribuição dos valores de lucratividade do portfólio florestal indicam que as empresas MLPA4, MSPA4 e RANI4 apresentaram valorização média anual de 0,8318, 0,6971 e 0,6893, respectivamente. Os resultados das demais empresas florestais não foram significativos.

As interações que geraram o 1º quartil (<25%) da distribuição dos valores de lucratividade do portfólio florestal mostram que as empresas MLPA4, MSPA4 apresentaram valorização média anual de 0,2079, 0,2953, respectivamente. Os resultados das demais empresas florestais não foram significativos.

4 CONCLUSÕES

Em média, no período analisado (2003 - 2007), a valorização do portfólio florestal superou a valorização do Ibovespa;

Das dez empresas que compõe o portfólio, no período analisado, 50% tiveram valorização acima da valorização do Ibovespa;

O investimento no portfólio florestal está propenso a um risco maior do que o investimento do Ibovespa;

As estatísticas descritivas mostraram que as simulações das carteiras são distribuições assimétricas;

A moda do portfólio florestal situou-se no percentil 25, enquanto a moda do Ibovespa situou-se no percentil 35, indicando que o portfólio apresenta maior probabilidade de ganho;

Das 9 empresas que compõem o portfólio florestal na análise de risco, as empresas Celulose Irani S.A, Cia. Melhoramentos de São Paulo e a MELPAPER S.A. é que foram responsáveis pela alta rentabilidade da carteira.

REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **Mercado financeiro**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BOLSA DE VALORES DE SÃO PAULO. **Empresas**: classificação setorial. Disponível em:< www.bovespa.com.br>. Acesso em 15 out. 2008.

CAVALCANTI, F.; MISUMI, J. Y. **Mercado de capitais**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 334 p.

CHIANG, A. **Matemática para economistas**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

DEQUECH, D. Fundamental uncertainty and ambiguity. **Eastern Economic Journal**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 41-60, jun. 2000.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1989. 453 p.

HISSA, M. B. **Sobreviva na bolsa de valores**. 3. ed. São Paulo: Elsevier, 2008. 248p.

LINSMEIER, T. J.; PEARSON, N. D. **An introduction to value at risk**. Illinois: University of Illinois, 1996.

PALISADE CORPORATION. **Add-In for Microsoft Excel para simulação e análise de risco**: version 5.5. Ithaca, 2009. 739 p.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 641 p.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p. 11-42.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 386 p.

ARTIGO 5**USO DE REDES NEURAI ARTIFICIAIS PARA A PROGNOSE DOS
PREÇOS DO CARVÃO VEGETAL EM MINAS GERAIS****RESUMO**

A energia é um importante fator de crescimento econômico e vital para estabilidade de uma nação. O carvão vegetal é um recurso energético renovável, um dos insumos básicos responsáveis pelo desenvolvimento das indústrias de base florestal no Brasil. O objetivo deste artigo foi fazer a prognose para o ano de 2007 da série de preços do carvão vegetal utilizando as Redes Neurais Artificiais. Foi utilizada a RNA *perceptron* de camadas múltiplas, *feed-forward*, cujos resultados são próximos da realidade. Os principais resultados encontrados foram: os preços reais do carvão vegetal foram declinantes no período de 1975 a 2000 e crescentes a partir do início do século XXI; a arquitetura da Rede Neural Artificial que realizou melhor previsão foi a com duas camadas escondidas; a taxa de aprendizagem mais eficiente foi de 0,99 e 600 ciclos, que representou treinamento da RNA mais satisfatoriamente; comparativamente às metodologias para previsão de preços de carvão vegetal em Minas Gerais utilizadas em outros estudos, a RNA se mostrou mais precisa.

Palavras-chave: Economia florestal. Séries temporais. Previsão.

ARTICLE 5**ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS USE FOR PROGNOSIS OF THE
CHARCOAL PRICES IN MINAS GERAIS STATE-BRAZIL****ABSTRACT**

The energy is an important factor of economic growth and vital to the stability of a nation. Charcoal is one renewable energy resource, one of the core inputs responsible for the development of forest-based industry in Brazil. This paper aimed at forecasting charcoal prices for the year 2007 by using Artificial Neural Networks (ANN). ANN “multilayer perceptron” was used, feed-forward, which results are quite close to reality. The results found were: the real charcoal price was decreased over the 1975-2000 period and increased departing from the beginning of the century; the architecture of Artificial Neural Network performed better than the forecast with two hidden layers, the most efficient rate of learning was 0.99 and 600 cycles which represented ANN training adequately; compared to the methodology for forecasting prices of charcoal in Minas Gerais used in other studies the ANN was more accurate.

Key-words: Forest economics. Time series. Forecast.

1 INTRODUÇÃO

A energia é um dos fatores vitais para o desenvolvimento econômico e para promoção da estabilidade das nações, sendo que seu suprimento e seu uso mundial continuam a ser dominados pelos combustíveis fósseis (ROVERE, 1996). A intensidade e a eficiência de energia podem atenuar impactos ao crescimento econômico e demográfico. Combinados, estes efeitos causam mudanças estruturais na economia e no progresso tecnológico devido às variações de preços dos insumos.

Por seu turno, a indústria siderúrgica tanto nacional como mundial, por natureza, é essencial ao funcionamento e condicionante do crescimento econômico. Neste contexto, a energia gerada pela floresta foi e é fundamental para a produção de bens intermediários que são matérias primas essenciais para o desenvolvimento industrial brasileiro (PAULA, 1992).

O carvão vegetal é utilizado como agente redutor e fonte de energia na fusão do minério de ferro nos altos fornos e na produção do ferro gusa. No Brasil, em 2006, 33,2% do total de ferro gusa (32,5 milhões de toneladas) foi produzido com o uso do carvão vegetal como redutor e 50% deste foi obtido de floresta nativa. No país, mais de 90% da produção de carvão vegetal vai para o setor siderúrgico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADAS - ABRAF, 2008).

O carvão vegetal no Brasil é usado principalmente para a produção de ferro gusa e se distribui entre Minas Gerais (63%), Pólo Carajás – PA (31%), Espírito Santo (5%) e outros estados (1%). No mercado doméstico, 90% do ferro gusa comercializado é proveniente de Minas Gerais (HESS, 2008).

A globalização resultou em maior integração das atividades produtivas e fez com que as questões políticas, econômicas e sociais se tornassem estratégicas no setor florestal que, por sua vez, se torna cada vez mais integrado

e dinâmico. Para que as tomadas de decisão no setor sejam mais eficientes e o mercado mais bem planejado é necessário considerar que as vantagens comparativas que o país, incontestavelmente possui, precisam, rapidamente se transformar em vantagens competitivas (REZENDE; COELHO JUNIOR; BORGES, 2008).

O aquecimento ou resfriamento do mercado internacional de aço, do ferro gusa e do coque refletem na variação da demanda por carvão vegetal. Mudanças bruscas no preço do carvão vegetal geram defasagem na oferta de madeira para atender o mercado siderúrgico. A mudança da curva de demanda de aço para a direita aumenta a necessidade de insumos básicos, como o carvão vegetal, o que pode elevar seus preços de equilíbrio em curto prazo, até que o mercado estabeleça novas condições de equilíbrio.

A oferta de carvão vegetal é instável, pois depende de condições endógenas e exógenas para formação das áreas florestais, o que gera desajustes no mercado (oferta e demanda). O comportamento dos preços do carvão vegetal em Minas gerais pode ser diferenciado em função da origem da madeira, tanto de floresta nativa quanto de floresta plantada de rápido crescimento (eucalipto) (COELHO JUNIOR et al., 2006).

Estas mudanças presentes e futuras podem ser preditas por modelos lineares ou não lineares. Os modelos de séries temporais para análise de preços do carvão vegetal foram estudados por Silva e Pereira (1981), que analisou a estacionariedade dos preços; Bernades (1987), que notou uma tendência cíclica nítida nesse mercado ao médio prazo; Rezende, Silva e Barros (1988), que encontraram índices sazonais máximo em maio e mínimo em outubro, com amplitude variando em torno de 11%.

Ensaio em previsões dos preços do carvão foram realizados por Silva e Silva (1996) que aplicaram o método de Box & Jenkins e constataram que o ARIMA (1,1,1) apresentou melhor ajuste que os outros métodos convencionais

testados, mas não incluíram no modelo os efeitos sazonais, Coelho Junior et al. (2006) ajustaram a sazonalidade com o SARIMA $(2,0,1)(0,1,1)_{12}$, que forneceu bons ajustes e um modelo simples e parcimonioso.

Uma metodologia que veio da inteligência artificial e que está sendo utilizada em vários ramos da ciência e, principalmente, na economia e na medicina são as Redes Neurais Artificiais (RNA). As RNA vêm sendo aplicadas nas soluções de problemas estatísticos, tanto para dados transversos (regressão) quanto para dados de séries temporais e, ou, espaciais. As Redes Neurais Artificiais têm sua concepção baseada em sistemas nervosos biológicos e na capacidade de *aprender* do cérebro humano com o objetivo de resolver problemas (DAZZY, 1999).

As RNA reproduzem, de maneira simplificada, o funcionamento do cérebro humano. As noções de funcionamento da memória são inspiradas em princípios associativos, em que os modelos das redes neurais apresentam bons desempenhos de aprendizagem (KOHONEN, 1988).

Uma das vantagens das RNA é que elas não requerem um conhecimento prévio da distribuição dos dados para analisá-los, o que as difere da análise estatística convencional. As redes neurais podem apresentar melhor performance que os métodos estatísticos tradicionais, mesmo que desconhecidas sua representação analítica e, ou, estatística, desde que haja uma relação subjacente entre os dados (CASTRO, 2001).

As RNA são consideradas ferramentas recentes no campo de predição, principalmente, naqueles com forte componente de não linearidade, como é o comportamento dos preços do carvão vegetal ao longo do tempo. O objetivo desse trabalho foi fazer a prognose dos preços desse produto usando as RNA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Base e tratamento dos dados

Para este estudo usou-se a série de preços mensais do carvão vegetal no Brasil (US\$/MDC), de janeiro de 1975 a dezembro de 2007. Esses preços são formados pelo mercado do Estado de Minas Gerais, por ser o maior centro produtor e consumidor deste insumo. Esta série foi obtida dos Anuários Estatísticos da Associação Brasileira de Florestas Renováveis (ABRACAVE), hoje Associação Mineira de Silvicultura (AMS).

Os valores de preço de mercado do carvão vegetal foram convertidos em dólar americano, valor comercial oficial do Banco Central do Brasil - BACEN (PTAX 800) a preço de venda (ou seja, é o dólar que o BACEN vende para o mercado doméstico) (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2008), e deflacionados pelo *Consumer Price Index* (CPI), ano base de dez/2005 = 100, obtido do *Bureau of Labor Statistics* (BUREAU OF LABOR STATISTIC - BLS, 2008).

O período analisado (1975 a 2007) contém 396 informações de preços mensais. A primeira parte dos dados, ou seja, 384 informações, foi usada para o ajuste da rede neural, isto é, dados mensais de janeiro de 1975 a dezembro de 2006. Foram reservados os meses de janeiro a dezembro de 2007 para validação do modelo de prognose. O software utilizado para realização deste estudo foi o SCILAB 4.1.2.

2.2 Redes Neurais Artificiais (RNA)

Haykin (1999) define RNA como processadores que têm uma propensão natural para armazenar o conhecimento proveniente da experiência, assemelhando-se ao cérebro humano em dois aspectos: o conhecimento é

adquirido pela rede através de um processo de aprendizado e as intensidades das conexões entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são usadas para armazenar o conhecimento.

O componente elementar desse modelo são as unidades de processamento, também chamadas nós, neurônios ou células (Figura 1).

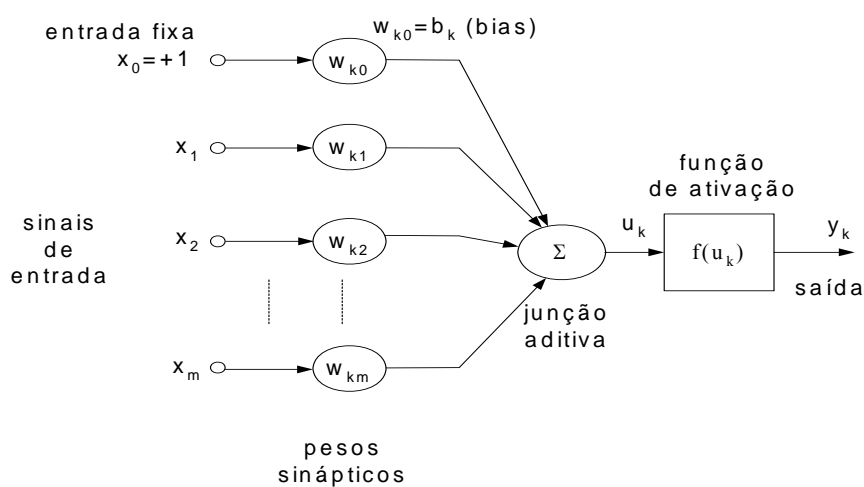


Figura 1 Neurônio artificial.
Fonte: Calôba et al. (2002).

O princípio de operação de um neurônio artificial se resume em:

- Sinais são apresentados à entrada (x_1 à x_m), ou seja, os preços mensais do carvão vegetal;
- Cada sinal é multiplicado por um peso que indica sua influência na saída da unidade (w_k);
- É feita a soma ponderada dos sinais que produz um nível de atividade (u_k);
- A função de ativação $f(u_k)$ tem a função de limitar a saída e introduzir não-linearidade ao modelo;

- e) O *bias* b_k tem o papel de aumentar ou diminuir a influência do valor das entradas;
- f) É possível considerar o *bias* como uma entrada de valor constante 1, multiplicado por um peso igual a b_k ,

Essa unidade de processamento é um modelo matemático, que possui uma inspiração no modelo biológico de um neurônio. A saída do neurônio artificial pode ser expressa por:

$$y_k = f(u_k) = f\left(\sum_{j=1}^m w_{kj}x_j + b_k\right)$$

ou considerando o *bias* como entrada de valor $x_0=1$ e peso $w_{k0}=b_k$,

$$y_k = f(u_k) = f\left(\sum_{j=0}^m w_{kj}x_j\right)$$

Uma Rede Neural Artificial, de modo geral, é constituída por uma camada de entrada, que recebe os estímulos e de uma camada de saída que gera a resposta desejada. Algumas redes podem ter uma ou mais camadas internas (também chamadas ocultas ou escondidas).

A Figura 2 representa a rede neural artificial do tipo “*perceptron* de camadas múltiplas” (*Multilayer Perceptron*) o que permite a execução de tarefas como previsões, simulações, entre outras aplicações, Sua arquitetura consiste em camadas de neurônios que se interligam através de conexões sinápticas.

Cada neurônio de uma camada conecta-se com a totalidade de neurônios de suas camadas adjacentes. Os pesos sinápticos são conexões que transformam o sinal ativando os neurônios de entrada da rede pelas camadas internas até a camada de saída onde se obtém a resposta desejada (MEDEIROS, 2003).

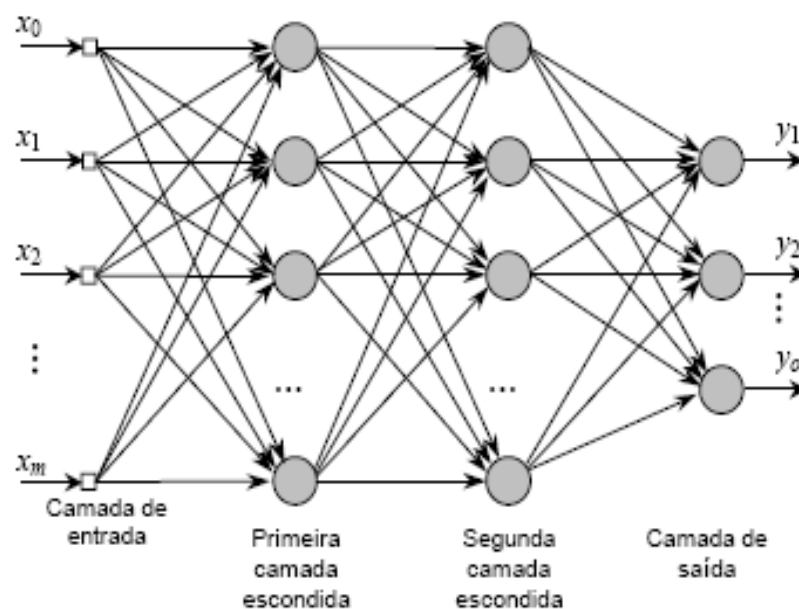


Figura 2 Rede *feedforward* de Múltiplas Camadas (*Multilayer Perceptron - MLP*).

Fonte: Freitas e Souza (2004).

2.2.1 Arquitetura de uma rede neural

Uma rede neural pode agrupar neurônios por meio de camadas direcionadas ou não, com ligações em um sentido para frente. As redes com ligações somente à frente, chamadas de *feed-forward*, se dividem em redes monocamada e multicamadas (FREITAS; SOUZA, 2004).

A capacidade computacional de uma rede neural está nas conexões e entre os elementos processadores. Os pesos ponderam cada conexão e armazenam as informações que a rede “aprendeu”.

As bases do processo de aprendizagem da rede neural são:

- a) Treinamento ou Aprendizado: são os procedimentos que possam ser realizados para determinada função que ajustam os parâmetros das redes neurais;
- b) Número de ciclos (ou épocas): são quantas vezes os padrões de treinamento, na atualização dos pesos, serão apresentados às redes neurais;
- c) Taxa de Aprendizagem: controla as alterações dos pesos em sua intensidade, ou seja, uma alta taxa de aprendizado acelera o processo, o que pode reduzir a capacidade de generalização da rede neural.

Em ambiente dinâmico, as redes neurais são ferramentas bem flexíveis. Elas possuem características extremamente desejáveis em se tratando de prognose de séries temporais, porque têm a capacidade de aprender rapidamente padrões complexos e tendência presentes nos dados e de se adaptar rapidamente às mudanças (CASTRO, 2001).

As redes MLP apresentam vantagens ao serem utilizadas nas séries temporais, devido ao fato deste tipo de topologia ser capaz de realizar prognósticos confiáveis sobre valores futuros. A Figura 3 mostra a rotina de processamento de uma rede neural MLP.

Um treinamento com muitas épocas gera um problema conhecido como *overtraining*, o que pode levar a uma especialização da rede, que acontece quando se dispõe de poucos dados, ou seja, uma perda de capacidade da rede de responder bem a dados nunca apresentados (perda da capacidade de generalização),

A evolução típica do erro de uma rede ao longo do processo de treinamento, tanto do erro do conjunto de treinamento como do conjunto de teste, é que a partir de certo número de passos, a desempenho do conjunto de

teste para de cair e começa a piorar, mesmo que a do conjunto de treinamento continue caindo. Assim inicia-se a super especialização.

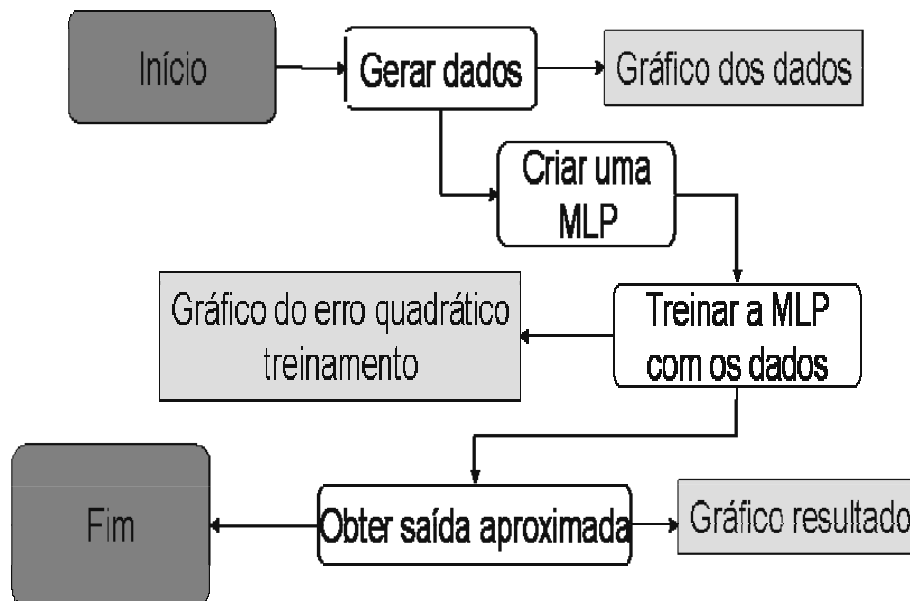


Figura 3 Rotina de processamento de rede neural artificial.

Para validar a rede neural e verificar se a quantidade de treinamento necessário para se ter um bom desempenho da rede neural e que possa melhor representar a predição, utilizou-se o erro quadrático médio de previsão que é dado por:

$$EQMP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Yd - Y)^2$$

onde,

$EQMP$ = Erro Quadrático Médio de Previsão

Y = valor observado

Yd = valor estimado

n = quantidade de amostras

A melhor rede neural artificial é aquela que fornece o menor erro de validação, ou seja, aquela que apresenta o menor erro para o conjunto de teste (EQMP). O conjunto de validação corresponde aos pares entrada-saída não apresentados à rede durante o treinamento e não considerado como parâmetro para parar o treinamento, ou seja, representa um conjunto totalmente novo a ser apresentado à rede para avaliar o seu desempenho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta a série de preços do carvão vegetal, no período de janeiro de 1975 a dezembro de 2007. As instabilidades dos preços ao longo do tempo ocorreram em função de variáveis endógenas e exógenas na conjuntura florestal. Na década de 1970, as oscilações que influenciaram este mercado foram crises econômicas internacionais, principalmente, a II Crise do Petróleo (1979). As políticas de energia praticadas nas décadas de sessenta e setenta refletiram, no início da década de 1980, em uma tendência declinante nos preços do carvão vegetal.

Com o fim da ditadura militar, em 1985, o governo buscou estabelecer a nova ordem na economia brasileira, a fim de controlar a inflação, quando foram constituídos vários planos econômicos e cinco mudanças de unidade monetária corrente. A maioria das mudanças se limitava a corte de zeros, ou seja, uma unidade monetária nova passava a valer mil unidades monetárias antigas.

No Plano Real houve uma alteração mais sofisticada que vigora até os dias atuais, com a introdução da URV (Unidade Real de Valor), que coexistiu com o Cruzeiro Real (CR\$) por um determinado período e, finalmente, ambas foram substituídas pelo Real (R\$). A taxa de conversão de Cruzeiro Real para Real foi de Cr\$2.750,00/R\$1,00, enquanto a de URV para Real foi de um para um.

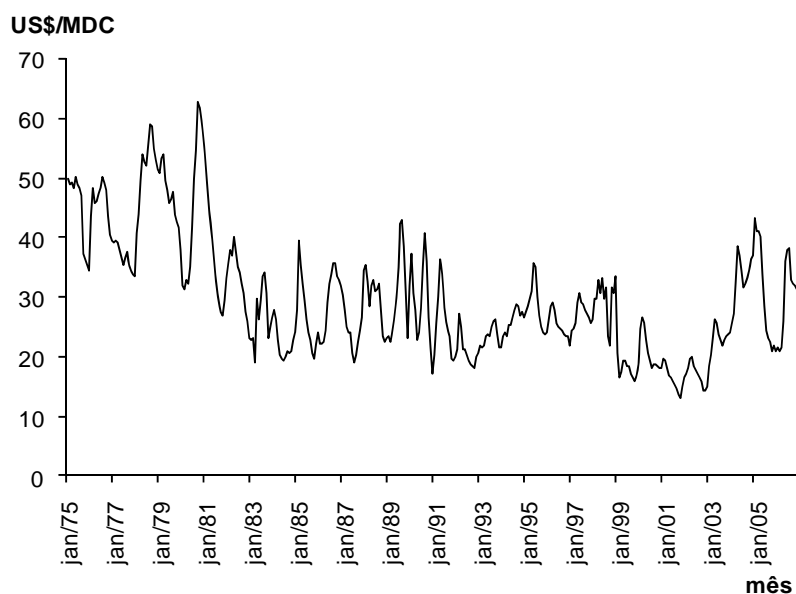


Figura 4 Preço real do carvão vegetal, no período de 1975 a 2007 (PCI base dez/2005 = 100).

Com o fim dos incentivos fiscais ao reflorestamento, em 1988, os produtores rurais independentes paralisaram seus plantios próprios devido à falta de incentivo por parte do governo. Os plantios florestais que permaneceram em destaque foram os das indústrias integradas. Na década de 1990, ocorreram várias crises mundiais, principalmente, nos países como Brasil, Rússia, Índia e China, os chamados BRIC, entre outros, que começaram a aparecer com grande potencial internacional.

No início do século XXI, o comércio internacional cresceu em ritmo acelerado, impulsionado pelos BRIC, o que resultou em elevação dos preços do barril de petróleo, que chegaram à casa dos três dígitos, e do aumento da demanda internacional por aço. Estes fatos causaram o

aumento do preço real do carvão vegetal no mesmo período, conforme mostrado na Figura 4.

O aumento do consumo do carvão vegetal está diretamente relacionado com este crescimento internacional e, também, vinculado às pressões ambientais, principalmente, aos mecanismos de desenvolvimento limpo.

Em busca de uma Rede Neural Artificial que satisfaça a esta série de preços do carvão vegetal para se fazer a previsão, foram utilizadas várias arquiteturas RNA, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 Arquitetura das Redes Neurais testadas e seus erros quadráticos médios de previsão (EQMP).

RNA	EQMP	RNA	EQMP
13 - 50 - 1	0,0007069	13 - 30 - 30 - 1	0,0005620
13 - 30 - 1	0,0006632	13 - 30 - 20 - 1	0,0005678
13 - 20 - 1	0,0005516	13 - 20 - 20 - 1	0,0006072
13 - 15 - 1	0,0005863	13 - 20 - 10 - 1	0,0006152
13 - 10 - 1	0,0006864	13 - 10 - 05 - 1	0,0005950
13 - 07 - 1	0,0006260	13 - 05 - 05 - 1	0,0005367
13 - 05 - 1	0,0005819	13 - 05 - 03 - 1	0,0005126
13 - 03 - 1	0,0006305	13 - 03 - 02 - 1	0,0005256

Fixou-se a taxa de aprendizagem em 1 (um) da RNA e constatou-se que em 600 (seiscentos) ciclos foi a quantidade escolhida para comparar as arquiteturas testadas. Observa-se, na Tabela 1, que as arquiteturas com apenas uma camada escondida tiveram maiores erros médios de previsão em comparação com as arquiteturas com duas camadas escondidas. A melhor arquitetura que mostrou menor erro quadrático de previsão foi o RNA com duas camadas escondidas, ou seja,

com 05 (cinco) neurônios na 1ª camada escondida e 03 (três) neurônios na 2ª camada escondida.

Após determinada a arquitetura da RNA 13 – 5 – 3 – 1, foi ajustada a taxa de aprendizagem, As taxas utilizadas foram 0,99; 0,05 e 0,0001. Observou-se uma taxa de acertos maior para taxa de aprendizado próximo a 1 (um).

A Figura 5 apresenta os ciclos de treinamentos em que foram ajustados os pesos da Rede Neural. Observa-se que a partir de 1,000 (mil) ciclos (época) o erro de treinamento permanece constante, entretanto, com 600 (seiscentos) ciclos (épocas) foi obtido um EQMP menor, conforme já exposto na Tabela 1.

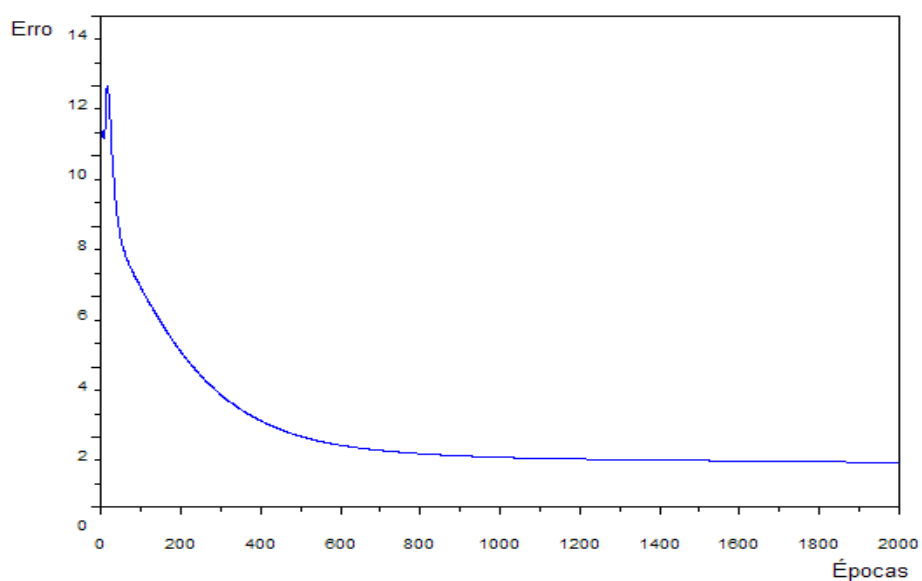


Figura 5 Ciclos de treinamento (épocas) da RNA (13 – 5 – 3 – 1).

Na Figura 6 encontra-se a prognose para o ano de 2007 pela RNA 13–5–3–1. Observa-se que as predições da Rede Neural Artificial *feed-forward*, com duas camadas escondidas, apresentaram resultados bem próximos da realidade.

Para verificar o poder de previsibilidade deste modelo, usando as redes neurais artificiais, buscou-se na literatura econômica florestal os trabalhos que desenvolveram modelos para previsão de preços do carvão vegetal em Minas Gerais (Tabela 2) e comparou-se o grau de precisão dos mesmos. Cada um dos trabalhos foi desenvolvido em períodos de tempo diferentes, moedas diferentes e pontos indexadores, no tempo, diferentes.

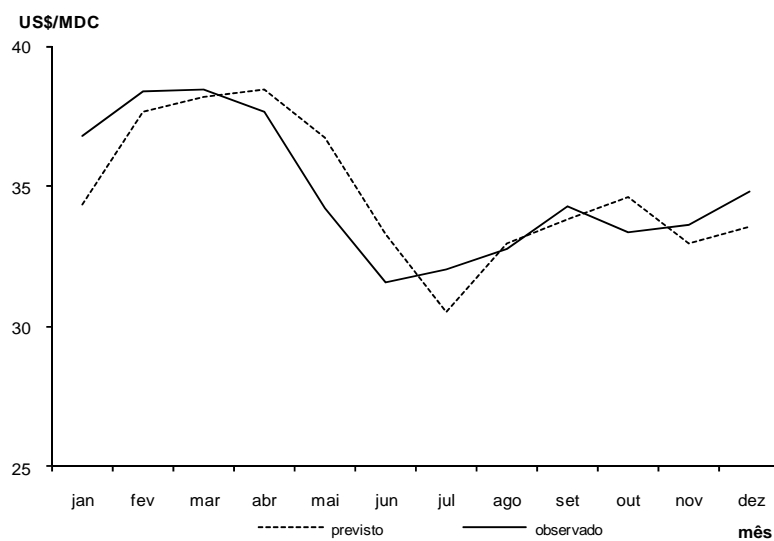


Figura 6 Previsão da RNA (13 – 5 – 3 – 1) para o ano de 2007.

Tabela 2 Trabalhos desenvolvidos para previsão de preços de carvão vegetal em Minas Gerais.

Autor (ano)	Metodologia	EQMP
Silva e Silva (1996)	ARIMA (1,1,1)	-
Coelho Junior et al. (2006)	SARIMA (2,0,1)(0,1,1) ₁₂	4,07
Modelo proposto	RNA 13 – 5 – 3 – 1	0,000513

O intuito é verificar se os ajustes são melhores ou piores que o modelo proposto, mostrando se realmente o uso das redes neurais artificiais realiza ou não melhores previsões. Constata-se, na Tabela 2, que a utilização da rede neural melhorou a precisão das previsões da série de preços de carvão vegetal.

4 CONCLUSÕES

Os preços reais do carvão vegetal foram declinantes no período de 1975 a 2000 e crescentes a partir do início do século XXI;

A arquitetura da Rede Neural Artificial que realizou melhor previsão foi aquela com duas camadas escondidas;

A taxa de aprendizagem mais eficiente foi de 0,99 e 600 ciclos, representando o treinamento da RNA satisfatoriamente;

Comparativamente às metodologias para previsão de preços de carvão vegetal em Minas Gerais utilizadas em outros estudos, a previsão usando a RNA se mostrou mais precisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS. **Anuário estatístico**. Belo Horizonte, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2008. Brasília, 2009. 90 p.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA. **Anuário estatístico**. Belo Horizonte, 2009.

BERNARDES, P. Análise do comportamento de preço de carvão vegetal nativo. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL. n. 3., 1987, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: IPEF, 1987. p. 1-8.

BUREAU OF LABOR STATISTIC. **Consumer price index**. Washington: U, S, Department of Labor, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.bls.gov/pub/special.request/cpi/cpiat.txt>. Acesso em: 15 jun. 2008.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Séries históricas**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/séries/historicas>. Acesso em: 15 jun. 2008.

CALÔBA, G. M.; CALÔBA, L. P.; SALIBY, E. Cooperação entre redes neurais artificiais e técnicas ‘clássicas’ para previsão de demanda de uma série de vendas de cerveja na Austrália. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 345-358, 2002.

CASTRO, M. C. F. **Predição não-linear de séries temporais usando redes neurais RBF por decomposição em componentes principais**. 2001. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise temporal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais**. 2004. 160 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

COELHO JUNIOR, L. M. et al. Análise Longitudinal dos Preços de Carvão Vegetal no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**. Viçosa, MG, n. 30, n. 3, p. 39-48, abr. 2006.

DAZZY, R. L. S. **Sistemas especialistas conexionistas**: implementação por redes diretas e bidirecionais. 1999. 135p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

FREITAS, S. O. de; SOUZA, A. A. de. Utilização de redes neurais na precificação de opções. **Resenha BM&F**, Rio de Janeiro, n. 150, p. 63-73. 2004. Disponível em: <<http://www.nyse.com.br/papers/1402200210H10.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2009.

HAYKIN, S. **Neural Networks**: a comprehensive foundation; Prentice Hall; Upper Saddle River, New Jersey; 1999, p 218.

HESS, S. C. **Siderurgia brasileira depreda florestas**. 2008. Disponível em: <<http://www.riosvivos.org.br/arquivos/838513513.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2008.

KOHONEN, T. An introduction to neural computing. **Neural Networks**, Edinburgh, v. 1, p.3-16, Apr. 1988.

MEDEIROS, L. F. **Redes neurais em Delphi**. Florianópolis: Visual Books, 2003. 115p.

PAULA, G. M. Consumo de energia na siderurgia brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 20., 1992, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: ANPEC, 1992. 1 CD-ROM.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, 2008. p.11-42.

REZENDE, J. L. P.; SILVA, A. A. L.; BARROS, A. A. A. Variação estacional dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais - Período de 1981-1987. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 12, n. 2, p. 146-155, mar./abr. 1988.

ROVERE, E. L. L. Energia e meio ambiente. In: MARGULIS, S. (Ed.). **Meio ambiente**: aspectos técnicos e econômicos. 2. ed. Brasília: IPEA, 1996. 246 p.

SILVA, M. L.; SILVA, J. M. A. Análise do comportamento temporal dos preços do carvão vegetal: aplicação do modelo e a avaliação da metodologia “Box and Jenkins”. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 57-67, 1996.

SILVA, O. M.; PEREIRA, A. R. Variação estacional dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 5, n. 2, p. 125-34, jul./dez. 1981.