



**ANÁLISE TEMPORAL DOS PREÇOS DO
CARVÃO VEGETAL, NO ESTADO DE
MINAS GERAIS**

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

58507

049974

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

ANÁLISE TEMPORAL DOS PREÇOS DO CARVÃO VEGETAL, NO
ESTADO DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Ph.D. José Luiz Pereira de Rezende

BIBLIOTECA CENTRAL

UFLA

Nº CLAS

T338.4366274

COE

ana

Nº REGISTRO

58507

DATA

18/01/05

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2004

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA



58507

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

Coelho Junior, Luiz Moreira

Análise temporal dos preços do carvão vegetal, no estado de Minas Gerais /
Luiz Moreira Coelho Junior. -- Lavras : UFLA, 2004.

160 p. : il.

Orientador: José Luiz Pereira de Rezende

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Carvão vegetal. 2. Economia florestal. 3. Planejamento econômico. 4.
Indicador econômico. 5. Crise energética. 6. Série temporal. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-338.4366262

BIBLIOTECA CENTRAL
UFLA
1338
COE

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

ANÁLISE TEMPORAL DOS PREÇOS DO CARVÃO VEGETAL, NO
ESTADO DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Florestal, área de concentração em Florestas de
Produção, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 09 de agosto de 2004.

Prof. Dr. Antônio Donizette de Oliveira UFLA

Prof. Ph.D. Natalino Calegario UFLA

Profa. Dra. Thelma Sáfadi UFLA

Prof. Dr. Márcio Lopes da Silva UFV


Prof. Ph.D. José Luiz Pereira de Rezende
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

**“Deixar que os fatos sejam fatos naturalmente,
sem que sejam forjados para acontecer.**

**Deixar que os olhos vejam os pequenos detalhes lentamente
e nunca lhe causar danos morais, físicos ou psicológicos.”**

(Chico Science)

À

Imensurabilidade do conhecer e a grandiosidade da vida;

OFEREÇO

Àqueles que amo,

A meu pai (*In memoriam*) e a você, minha
mãe, quando o dever me chamou.

À Herica, Julia e Luiza que, mesmo na
ausência, na saudade ou na impaciência,
sempre estiveram em meus pensamentos e
orações.

DEDICO!!

AGRADECIMENTOS

A todos os meus familiares, pela força nos momentos de incerteza.

À Universidade Federal de Lavras, pelo conhecimento adquirido.

Ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade.

Ao orientador José Luiz Pereira de Rezende, pela amizade e incentivo ao estudo da economia florestal e do tema carvão vegetal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo no último ano do curso.

A todos os professores da UFLA, que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos professores Antônio Donizette de Oliveira, José Roberto S. Scolforo, Fernando M. Macedo, Hélcio F. Pinto, Natalino Calegário, Rosângela F. Schwan, Ricardo Reis e Ângelo C. Rodrigues pela oportunidade de aprender.

Aos amigos do passado e do presente, os quais espero ter também no futuro. Os amigos da “Toca dos Gabirus” Edmilson, Nélio, Jodnes, Luciano (Bodinho), Paulo (Cara de Jegue), Paulo Dalanesi e Rafael (Baiano), Christian Cabacinha pelo companheirismo. Aos Amigos Wildson Ribeiro, Leonardo Sattler, Rafael (Nareba) Hugo Leonardo Vervloet e Mariana Nogueira Caus pela camaradagem na graduação de economia. Aos amigos Gladston, Davidson, Henrique e Eduardo Carmilete, Braz Junior, Yluska, Adriana e Eduarte.

Aos colegas do Laboratório de Economia Florestal Sandro Longuinho, Ivonise, Totonho, Alvinho, Lukinha e Leonardo Pires. À Sociedade da Convergência Florestal: Cíntia, Gleyce, Simone, Débora. Ao Serginho e Gislene, Israel e Awdreia, Peterson, Márcia Moura, Joema, Afrânio e Ana Cecília.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram para que fosse possível a realização deste sonho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
CAPITULO 1	1
1 Introdução Geral.....	1
2 Objetivos.....	4
3 Referencial Teórico.....	5
3.1 A Industrialização Brasileira.....	5
3.1.1 Processo de Substituição de Importações.....	7
3.1.2 Política de Incentivos Fiscais.....	12
3.1.3 Crises do Petróleo.....	19
3.1.4 Determinante Energética da Siderurgia a Carvão Vegetal.....	22
3.2 A Evolução do Setor Florestal.....	25
3.2.1 A Questão Ambiental.....	27
3.2.2 O Setor Florestal e o Meio Ambiente.....	30
3.3 Séries Temporais.....	32
3.3.1 Modelos de Decomposição.....	34
3.3.2 Função de Autocorrelação (ACF).....	36
3.3.3 Análise Espectral.....	37
3.3.4 Família ARIMA.....	39
3.3.4.1 Identificação.....	42
3.3.4.2 Estimativa e Diagnóstico.....	43
3.3.4.3 Previsão.....	45
3.3.5 Aplicações das Análises de Séries Temporais no Carvão Vegetal.....	45
3.4 O Processo Inflacionário e a Dolarização.....	49
3.4.1 Inflação e Indicadores Econômicos.....	49
3.4.2 Dolarização.....	51
4 Referências Bibliográficas.....	52
CAPITULO 2: O Preço Real do Carvão Vegetal em Minas Gerais	57
1 Resumo.....	57
2 Abstract.....	58
3 Introdução.....	59
4 Objetivos.....	60
5 Material e Métodos.....	61
6 Resultados e Discussão.....	64
7 Conclusões.....	82
8 Referências Bibliográficas.....	83

CAPITULO 3: Análise Longitudinal dos Preços de Carvão Vegetal no Estado de Minas Gerais	85
1 Resumo.....	85
2 Abstract.....	86
3 Introdução.....	87
4 Objetivos.....	88
5 Material e Métodos.....	89
6 Resultados e Discussão.....	93
7 Conclusões.....	102
8 Referências Bibliográficas.....	103
CAPITULO 4: Análise dos preços de carvão vegetal em quatro regiões no Estado de Minas Gerais	105
1 Resumo.....	105
2 Abstract.....	106
3 Introdução.....	107
4 Objetivos.....	108
5 Material e Métodos.....	109
6 Resultados e Discussão.....	112
7 Conclusões.....	129
8 Referências Bibliográficas.....	130
CAPITULO 5: Análise dos Preços do Carvão Vegetal Oriundo de Floresta Nativa e de Floresta Plantada	132
1 Resumo.....	132
2 Abstract.....	133
3 Introdução.....	134
4 Objetivos.....	136
5 Material e Métodos.....	136
6 Resultados e Discussão.....	140
7 Conclusões.....	151
8 Referências Bibliográficas.....	152
ANEXOS.....	154

RESUMO

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise temporal dos preços do carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais.** 2004. Cap. 1, p. 01-160. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A energia é essencial para a satisfação das necessidades humanas. Com a evolução das máquinas, o homem passou a depender cada vez mais da energia estocada nos combustíveis fósseis, comparativamente à economia primitiva. O carvão vegetal é um termo-redutor usado nas siderúrgicas brasileiras. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor deste insumo. O carvão vegetal é oriundo de floresta plantada ou de floresta nativa, possuindo algumas características técnicas e econômicas que podem diferenciar seus preços. Os preços do carvão vegetal são formados em mercado oligopsônico-competitivo. Ao longo do tempo, os preços do carvão vegetal variam em função de fatores endógenos e exógenos, necessitando, portanto, serem deflacionados para que se possa compará-los. O presente estudo é dedicado à análise das séries longitudinais dos preços de carvão vegetal em Minas Gerais, seus reflexos na política florestal brasileira, a partir da década de 70, e seus aspectos relevantes no setor siderúrgico. Especificamente, pretendeu-se: Analisar e caracterizar a evolução dos preços reais do carvão vegetal, comparar estes preços com os preços reais do petróleo, no período de 1975 a 2002 e os efeitos dos planos econômicos e das crises do petróleo; analisar as séries longitudinais dos preços de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, no período de 1975 a 2003; em quatro regiões consumidoras, no período de 1981 a 2003, e; os preços de carvão vegetal de floresta nativa e de floresta plantada, no período de 1999 a 2003. Foram utilizados os preços médios pagos pelo metro cúbico de carvão vegetal publicados pela ABRACAVE. As análises da evolução dos preços do carvão vegetal foram realizadas no período de jan/1975 a dez/2002. A série de preços do carvão vegetal em moeda nacional foi deflacionada pelo IGP-DI, base ago/1994=100, e também foram convertidos em dólar americano e deflacionado pelo CPI, base 1982-84=100. Compararam-se, então, os preços reais e nominais do carvão vegetal e do petróleo. Para análise da série, considerou-se o modelo SARIMA, com o objetivo de encontrar os parâmetros que forneçam melhores previsões. Para Minas Gerais, considerou-se o período de janeiro de 1975 a

Comitê Orientador: José Luiz Pereira de Rezende (Orientador) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA.

dezembro de 2002, para ajustar o modelo e o período de janeiro a dezembro de 2003 para a validação das projeções do modelo. Para as quatro regiões utilizou-se o período de janeiro de 1981 a dezembro 2003. Para os preços do carvão vegetal oriundos de floresta plantada e de nativa foi o período de janeiro de 1999 a abril de 2003. Para a análise da série de preços utilizou-se o modelo SARIMA, com o objetivo de encontrar um modelo que forneça melhores previsões de preços para as quatro regiões estudadas. Os modelos mais adequados foram escolhidos pelas análises gráficas dos resíduos padronizados, funções de autocorrelações e autocorrelações parciais, testes estocásticos e critérios de avaliação da ordem do modelo. A evolução dos preços reais do carvão vegetal em moeda nacional, ou em dólar americano, apresentaram uma tendência decrescente ao longo do tempo. O descontrole inflacionário, nas décadas de 80 até meados da década 90, fez com que os preços variassem muito neste período; a partir do século XXI, os preços do carvão vegetal foram mais influenciados pela taxa de câmbio; nos períodos de crise energética (petróleo), os preços do carvão vegetal sofrem grandes oscilações, mas que não se sustentam ao longo do tempo. Entre os modelos estudados, o SARIMA $(2,0,1)(0,1,1)_{12}$, para Minas Gerais proporcionou melhor ajuste e de forma parcimoniosa. Apesar de ter ocorrido um fator aleatório que distorceu os valores reais dos preços do carvão vegetal, as projeções fornecidas pelo modelo ficaram dentro dos limites de significância estabelecidos. As diferenças de preços do carvão vegetal das quatro regiões se dão, basicamente, pela localização; as análises de domínio do tempo e domínio da frequência mostraram que há diferença nas séries de preços das quatro regiões estudadas; as regiões de Sete Lagoas e Belo Horizonte, por serem próximas, possuem preços semelhantes e geraram modelo parecido; as regiões estudadas apresentaram modelos diferenciados e que forneceram bons ajustes para as séries observadas. Os melhores modelos foram o SARIMA $(1,1,2) \times (2,1,0)_{12}$, para Belo Horizonte; o SARIMA $(1,0,1) \times (2,1,1)_{12}$, para Divinópolis; o SARIMA $(2,0,0) \times (2,1,1)_{12}$, para Sete Lagoas e o SARIMA $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$, para Vertentes. Tais modelos apresentaram forma parcimoniosa, contendo um número pequeno de parâmetros. Todos os modelos SARIMA $(p,d,q) (P,D,Q)_s$, para as quatro regiões estudadas, apresentaram ruído branco e as projeções dos preços fornecidas foram satisfatórias para as quatro regiões. Entre os modelos ajustados para os preços do carvão de origem plantada, o SARIMA $(2,1,2)(0,1,0)_{12}$ proporcionou melhor ajuste, enquanto para os preços do carvão de origem nativa, o SARIMA $(0,1,2)(0,1,0)_{12}$ proporcionou melhor ajuste, demonstrando diferenças entre as séries.

ABSTRACT

COELHO JÚNIOR, L. M. **Time analysis of charcoal price in state Minas Gerais: Lavras: UFLA, 2004. Chap.1, p. 01-160. Dissertation – (Master's degree in Forestry Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.**

Energy is essential to human needs satisfaction. After the consolidation of the machinery industry, man started to depend more and more on the energy stocked in fossil fuels, comparatively to the primitive economy. Charcoal is a term-reducer used in the Brazilian pig iron and steel industries. The State of Minas Gerais is the largest producer and consumer of this input. It can be produced from planted forest or from native forest. These two types of charcoal possess some technical and economical characteristics that can differentiate its prices. The prices of the cubic meter of charcoal are formed in an oligopsonic market. Along the time, charcoal prices vary in function of endogenous and exogenous factors, needing, therefore, to be deflated before comparing them. This study analysis the longitudinal series of charcoal prices in Minas Gerais State, their effects on the Brazilian forest politics, starting from the decade of 70s, and their relevant aspects in the metallurgical sector. In particular, it intended: to analyze the longitudinal series of charcoal prices in the State of Minas Gerais, in four consuming regions, in the period 1981-2003; charcoal prices of native forest and of planted forest, in the period from 1999 to 2003, and; to analyze and to characterize the evolution of the real charcoal prices, to compare these prices with the real petroleum prices, in the period from 1975 to 2002 and the effects of the economical plans and of oil crisis. The average charcoal prices used were those published by ABRACAVE. For analysis of the series, it was considered the model SARIMA, with the objective of finding the parameters to supply better forecasts for charcoal prices. It was considered the period from January 1975 to December of 2002 to adjust the model and the period from January to December of 2003 for the validation of the model forecasts. For the four regions the period from January 1981 to December 2003 was used. For planted forest charcoal prices it was used the period from January 1999 to April 2003. For the analysis of the series of prices the model SARIMA was used, with the objective of finding a model that supplies better price forecasts for the four studied regions. The most appropriate models were chosen through the graphical analyses of the standardized residues, autocorrelation functions and partial autocorrelation, stochastic tests and criteria of evaluation of

Guiding committee: José Luiz Pereira de Rezende (Advisor) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA.

the order of the model. The analyses of the evolution of charcoal prices were accomplished in the period from jan/1975 the dez/2002. The prices series of charcoal prices in Brazilian currency were deflated by IGP-DI, base ago/1994=100. The prices were also converted to American dollar and deflated by CPI, base 1982-84=100. Then, they were compared in nominal and real terms. Among the studied models, SARIMA (2,0,1) (0,1,1)₁₂, for Minas Gerais provided better adjustment and in a parsimonious way. In spite of happening a random factor that distorted the real price figures charcoal prices, the projections supplied by the model were inside of the established limits of significance. The differences of charcoal prices for the four regions seems to be basically related to location; the analyses of domain of the time and the domain of the frequency pointed out that there is difference in the series of prices for the four studied regions. The areas of Sete Lagoas and Belo Horizonte possess similar prices and generated similar model, probably due to the fact that they are very close; the studied regions presented differentiated models, which supplied good adjustments for the observed series. The best models were SARIMA (1,1,2)x(2,1,0)₁₂, for Belo Horizonte; SARIMA (1,0,1)x(2,1,1)₁₂, for Divinópolis; SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂, for Sete Lagoas and SARIMA (1,0,1)x(2,1,1)₁₂, for Vertentes. Such models presented, in a parsimonious way, containing a small number of parameters. All of the models SARIMA (p,d,q) (P,D,Q)_s, for the four studied regions, presented white noise and the price forecast supplied were satisfactory. Among the adjusted models for plantation forest charcoal, SARIMA (2,1,2)(0,1,0)₁₂ provided better adjustment, while for the native forest charcoal price, SARIMA (0,1,2)(0,1,0)₁₂ provided better adjustment, demonstrating differences in the tendency among the series. The evolution of the real charcoal prices in domestic currency, or in American dollar, presented a decreasing tendency along time. The inflationary disarray, in the decades of 80 until the middle of the decade 90, caused a large price variation in the period; from the beginning of the XXI century, charcoal prices were more influenced by exchange rate; in the periods of energy crisis (petroleum), charcoal prices underwent several effects that, however, did not sustained along time.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A década de 60 do século XX é tomada como ponto de partida da economia florestal brasileira, em toda sua dimensão. Foram estes anos que implicariam no re-ordenamento da política florestal, num momento em que a economia brasileira, advento dos *Grandes Projetos*, avançava em seu processo de industrialização pesada.

No processo de industrialização nacional houve muita importação de tecnologia, mas as indústrias de base florestal se desenvolveram com elevados custos de produção e baixa capacidade tecnológica. O setor siderúrgico, por natureza, é essencial ao funcionamento do sistema econômico e condicionante do crescimento industrial, recebendo das autoridades governamentais atenção especial (Azzoni, 1984).

O carvão vegetal é um recurso energético primário renovável, cuja produção é uma atividade milenar e guarda um pouco de primitivismo tecnológico, com alguns avanços nas últimas décadas (Valente, 1987). 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. É utilizado em países emergentes, situados na região intertropical do globo terrestre, favorecido pelo rápido crescimento das florestas.

Na década de 60, o carvão vegetal utilizado nas indústrias siderúrgicas provinha das florestas nativas. Após a promulgação do Código Florestal Brasileiro (1965), o governo impôs que as indústrias de base florestal devessem ser auto-sustentáveis, estimulando reflorestamentos com espécies exóticas do gênero *Eucalyptus sp.*, com a Lei dos Incentivos Fiscais (Lei 5.106, de 02 de

setembro de 1966). Atualmente, o carvão vegetal é econômico e capaz de competir com o coque, em seus benefícios ambientais.

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal. Em 2001, cerca de 88% do consumo destinava-se ao setor siderúrgico. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal, consumindo, nos últimos 7 anos, em média, 18 milhões de m³ de carvão por ano, aproximadamente (ABRACAVE, 2002).

Visando a garantir este suprimento, as empresas florestais vêm estabelecendo reflorestamentos na região sudeste, próximos aos aglomerados urbanos. Parte do suprimento de carvão vegetal é feita por pequenos produtores ou carvoeiros independentes.

Os produtores independentes de carvão vegetal enfrentam demanda oligopsônica, cujo maior representante são as indústrias siderúrgicas de ferro-gusa.

O consumo de carvão mineral (coque), que é o único substituto do carvão vegetal, é recurso exaurível utilizado no setor siderúrgico, tornou-se significativo a partir da década de 80 do século XX. O coque nacional foi bastante empregado na década de 70. Mas, por causa da sua baixa qualidade e alto teor de cinzas, foi gradativamente substituído pelo coque importado, principalmente dos Estados Unidos, Polônia, Canadá e Austrália. No entanto, a indústria siderúrgica brasileira depende crucialmente do carvão vegetal, como sua fonte energética.

O consumo de carvão vegetal no Brasil foi crescente até 1989, quando se aproximou dos 45 milhões de m³. Esse carvão era oriundo tanto de florestas nativas quanto de florestas plantadas. Nos últimos 10 anos, o consumo de carvão vegetal tem apresentado decréscimo contínuo, chegando a 25,4 milhões de m³ em 2000, o mesmo nível atingido em 1996. Tal fato pode ser devido à queda do preço do coque no mercado internacional, favorecendo seu consumo e a pressão

da sociedade sobre as questões ambientais, para que se reduza o desmatamento, conseqüentemente, o uso do carvão vegetal oriundo de florestas nativas (Silva & Silva, 1996 e Brasil, 2002).

A oferta de carvão vegetal depende das condições edafoclimáticas, ocorrendo um desajustamento entre oferta e demanda, no decorrer do ano. Esta instabilidade sujeita-se à flutuações estacionais e aleatórias, podendo haver sazonalidade nos preços e no volume ofertado, necessitando de um conhecimento melhor do comportamento destas flutuações ao longo do tempo (Rezende & Pereira, 1988).

Os problemas causados por estas variações de preços podem ser amortecidos por análise, através de modelos econométricos, relacionando estes fatores com seus efeitos sobre o comportamento do mercado ao longo do tempo.

O conhecimento das relações de equilíbrio entre oferta e demanda de carvão vegetal e, conseqüentemente, das suas variações de preços, fornecem elementos importantes para a previsão do comportamento futuro. Assim, favorece a tomada de decisão, quanto à produção e à comercialização do produto, além de orientar, dimensionar as compras e planejar o volume de estoque para o consumo ao longo do ano.

O trabalho será desenvolvido em cinco capítulos, conforme segue:

O primeiro capítulo consiste numa revisão bibliográfica sobre a industrialização brasileira; a evolução do setor florestal; séries temporais; o processo inflacionário e a dolarização.

O segundo capítulo discute o preço real do carvão vegetal em função dos planos econômicos, do índice de inflação nacional, das flutuações cambiais e do índice de inflação americana, enfatizando as variações reais e nominais dos preços de carvão vegetal e as crises energéticas advindas das crises do petróleo.

O terceiro capítulo analisa as séries temporais do preço de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, no período de 1975 a 2003. Foram

discutidas as variações estacionais e as tendências dos preços de carvão vegetal em Minas Gerais, a fim de se conhecer o comportamento ao longo do tempo.

O quarto analisa os preços do carvão vegetal em quatro regiões consumidoras do Estado de Minas Gerais para produção de ferro-gusa, no período de 1981 a 2003, avaliando o grau de integração destes mercados.

O quinto analisa os preços do carvão vegetal oriundos de florestas nativas e de florestas plantadas no Estado de Minas Gerais, no período 1999 a 2003.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as séries longitudinais dos preços de carvão vegetal em Minas Gerais, seus reflexos na política florestal brasileira, a partir de 1970, e seus aspectos relevantes no setor siderúrgico.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar as séries longitudinais dos preços de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, no período de 1975 a 2003;
- Analisar as séries temporais dos preços de carvão vegetal em quatro regiões consumidoras no estado de Minas Gerais, no período de 1981 a 2003;
- Analisar as séries temporais dos preços de carvão vegetal de floresta nativa e de floresta plantada no Estado de Minas Gerais, no período de 1999 a 2003;
- Analisar e caracterizar a evolução dos preços reais do carvão vegetal, comparar estes preços com os preços reais do petróleo, no período de 1975

a 2002. Os efeitos dos planos econômicos e das crises do petróleo foram, também, analisados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Industrialização Brasileira

A economia mundial passou por diversas crises e guerras durante o século XX, o que provocou várias recessões, principalmente em países emergentes, como o Brasil, que dependiam do setor externo para suprir suas necessidades de tecnologia, poupança e investimentos.

As crises econômicas e as crescentes manifestações sociais levaram ao engessamento político de praticamente todas as sociedades, mesmo daquelas capazes de atingir a afluência para maioria de sua população em termos de padrões de consumo. Furtado (1983) diz que:

“O mito progresso tem exercido uma intangível influência sobre a mente dos homens que se empenham em compreender a realidade social. Os cientistas sociais têm sempre buscado apoio em algum postulado enraizado num sistema de valores que raramente chegam a explicar. O desenvolvimento econômico que vem sendo praticado pelos países que lideram a revolução industrial pode ser universalizado. Essa idéia constitui numa prolongação do mito progresso, elemento essencial na ideologia diretora da revolução burguesa, dentro da qual se criou a atual sociedade industrial”.

Em vista da crescente escassez de recursos, os conflitos concernentes à sua distribuição estão em vias de surgirem novamente. A distribuição dos recursos determina os padrões de consumo e as indicações de prioridades, em termos de investimento de recursos, são tarefas desempenhadas tradicionalmente pelo Estado, secundadas por uma burocracia civil e militar, que tem seu próprio éthos distinto do resto da sociedade (Rattner, 1999).

A economia mineira, ao longo do século XIX, se destaca com o mercantilismo dos gêneros de primeira necessidade, que constituíam os centros

dinâmicos da Província na primeira metade do século, e a cafeicultura, que se tornou principal cultura de exportação mineira na segunda metade do século (Paula, 2002).

A urbanização e a industrialização tiveram, em parte, sua origem na erradicação de grande parte do setor cafeeiro e da transição do trabalho escravo para o assalariado. No entanto, o setor cafeeiro gerava alta rentabilidade e altas taxas de investimentos no próprio setor, ocasionando a super produção e a diminuição de preços.

Ao deflagrar-se a crise mundial, a situação da economia cafeeira se encontrava em altos níveis de produção e teria de seguir crescendo, pois os produtores continuavam a expandir as plantações até aquele momento. Com efeito, a produção máxima seria alcançada em 1933, ou seja, no ponto mais baixo da depressão, como reflexo das grandes plantações de 1927-28. O mercado internacional de capitais em profunda depressão e o crédito do governo desaparecera com a evaporação das reservas, não podendo financiar novos estoques (Furtado, 1989).

Para manter esta política agro-exportadora o governo comprava, estocava e queimava o café, o que configurou a decadência da economia cafeeira e da República Velha, por causa das condições do mercado internacional do café que estava cada vez mais problemática e também da própria superprodução dessa commodity (Gremaud, 1999).

Até 1930 a produção de café era enorme e a economia mundial entrara na maior crise de toda a sua história. Dessa maneira, o governo brasileiro interveio para proteger o setor cafeeiro, um caso claro que a economia brasileira era totalmente dependente de apenas um produto agrícola que se tornara insustentável. Este modelo econômico era chamado “agro-exportador” voltado para fora (Gremaud, 1999).

As principais características deste modelo de desenvolvimento voltado para fora são:

- A exportação é variável quase que exclusiva na determinação da Renda Nacional e sua única fonte de dinamismo;
- A pauta de exportações possui base estreita, sendo fortemente concentrada em poucos produtos primários;
- As importações constituem-se em uma fonte flexível de suprimento de bens para atender parte significativa da demanda interna;
- A pauta de importação inclui não apenas produtos e matérias-primas de origem natural não disponíveis no país, como também bens de consumo e de capital;

O surgimento da indústria mineira, no século XIX, ocorreu num ambiente disperso e desarticulado, proporcionado pela constituição do mosaico mineiro. Num primeiro momento, a atividade industrial concentrava-se na região central da Província, atualmente Zona da Mata, onde se situavam as minas auríferas, onde se destacavam os setores: têxtil, siderurgia, mineração aurífera subterrânea. Estes setores industriais operavam de maneira rudimentar e com baixo nível tecnológico, com exceção da mineração aurífera subterrânea (Paula, 2002).

3.1.1 Processo de Substituição de Importações

A partir da Grande Depressão dos anos 30, a indústria brasileira tornou-se o principal fator de crescimento do país. Iniciada já nas décadas finais do século XIX, a crise cafeeira foi um grande estímulo para o aprofundamento da industrialização. O momento de ruptura do modelo agro-exportador pelo “Processo de Substituição de Importações” foi através do avanço da industrialização.

A política adotada pelo governo para produzir internamente o que era antes importado, começando com bens de consumo não-duráveis, como alimentos e tecidos, e evoluindo na direção dos bens de consumo duráveis e de capital, num processo de industrialização fechada, visando a somente atender o mercado interno.

A literatura sobre a industrialização brasileira sintetizou este rico processo histórico no processo de industrialização por substituição de importações. Furtado (1989) apresentou a análise clássica desse processo, relatando que a indústria brasileira saiu fortalecida do choque adverso que foi a “Grande Depressão”.

As idéias de Construção Nacional transformavam o progresso industrial tardio, gerando autonomia e quebrando a imagem de que a economia brasileira era somente voltada para exportação de produtos primários.

A falta de infra-estrutura de energia foi um fator relevante para a utilização do carvão vegetal na siderurgia. O desenvolvimento regional atrelado ao processo de industrialização brasileira proporcionou uma grande demanda de cobertura florestal para exploração.

A energia gerada pela floresta foi fundamental para o processo de industrialização no país, principalmente para produção de bens intermediários como a siderurgia à base de carvão vegetal (Paula, 1992), com uma política protecionista voltada para o mercado interno e visando ampliar sua pauta de exportação.

A Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL) objetivou realizar estudos para o desenvolvimento da região. Os primeiros trabalhos foram diagnosticar os problemas de cada país, visando detectar os obstáculos para o crescimento econômico. Esta dependência originou do pensamento cepalino, fundado por Raul Prebisch, após a II Guerra Mundial, caracterizando as reações assimétricas entre a periferia exportadora de

commodities, cujos preços dependem do mercado internacional e dos centros industrializados, como fixador de preços.

Segundo Prebisch (1949), após diagnosticar os problemas da América Latina por um período de 65 anos (1880/1945), de modo que a industrialização seria efetuada através do processo de substituição de importações, pela existência de mercados constituídos (como papel e celulose, aço, etc.), até então importados dos países ricos.

O mercado internacional, totalmente fechado para prover crédito, volta a financiar após o período pós-guerra. O governo brasileiro teve que fazer algumas re-estruturações na sua carga tributária e conter a inflação existente na época para poder postular o crescimento econômico tão desejado nos anos 60. Uma das formas utilizadas de política econômica adotada na época foi o Plano de Ação Econômica do Governo (PAEG), um programa com o objetivo de diagnosticar e dirigir estratégias de combate à inflação bastante heterodoxa.

A política econômica, tradicionalmente, pode ser aplicada e definida em medidas explícitas, empreendidas para obtenção de recursos (política alocativa), para a distribuição de renda (política distributiva), bem como para a estabilidade da economia (política estabilizadora).

A carga tributária bruta é a relação entre o montante de recursos obtidos pelos governos via tributação e o Produto Interno Bruto (PIB). Por esta relação apura-se o quanto da renda gerada no país é destinada ao financiamento dos gastos governamentais, ou seja, quanto do PIB é recolhido via tributação. Já a carga tributária líquida é a carga tributária bruta das transferências correntes das famílias menos os subsídios concedidos.

O golpe militar de 1964 impôs, de forma autoritária, uma solução para a crise política, sendo uma pré-condição das medidas econômicas em realizar a reforma tributária e fiscal, organizando a economia que estava desestruturada para prosseguir o desenvolvimento econômico (Tabela 1.1), tornando necessário

incentivar os setores primários e secundários que estavam defasados, assim como a infra-estrutura urbana (Gremaud et al., 1999).

TABELA 1.1 - Produto e inflação: 1962-1964.

Ano	Crescimento do PIB (%)	Crescimento da produção industrial (%)	Taxa de inflação (IGP-DI) (%)
1962	6,6	8,1	45,5
1963	0,6	- 0,2	83,2
1964	3,4	5,0	84,5

Fonte: FGV, 1971.

A reforma tributária de 1965/67 foi estruturar os cofres públicos, através do aumento dos tributos, para que o Estado direcionasse a captação, a promoção e a orientação do processo de acumulação. O aumento da carga tributária visava a “engordar” os cofres públicos via aumento de receita tributária, a fim de cobrir o déficit do governo e disponibilizar recursos para novas programações de gastos públicos.

O imposto sobre a renda à época, não tinha participação significativa no total da arrecadação. Para aumentar a equidade e a efetividade desse imposto, passou, então, a vigorar uma nova legislação mitigadora de seus efeitos que aumentou a arrecadação.

O imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias (ICM) sofreu transformações significativas em relação à fonte de taxação. Outra forma de ineficiência foi à distorção desse sistema nas regiões, pois nos estados estas taxas variavam entre 1,25% e 10%, em 1966 (Riani, 1997). A nova legislação sobre o ICM seria um imposto adicionado para todos os bens, tornando este sistema completamente distinto do anterior, cumulativo e com diferentes taxas para os diferentes produtos, provocando uma integração vertical e contribuindo para a melhor alocação dos recursos no setor privado.

Estas alterações no sistema fiscal trouxeram bons resultados na receita total, passo importante em termos de estabilização econômica e alocação destes recursos, para incentivar o sistema produtivo, até então prioridade do governo. Em 1960 a carga tributária do Brasil era inferior a dos países desenvolvidos e superior a dos em desenvolvimento, sendo, em média, de 22,4% do PIB.

O novo ciclo de crescimento foi, mais uma vez, comandado pelos setores produtores de bens de consumo duráveis e de bens de capital, com a política monetária claramente expansionista. O crescimento médio do PIB no período 1967/1973 atingiu 11,2% ao ano, enquanto a indústria manufatureira cresceu à taxa de 12,6% ao ano. O crescimento da produção de bens duráveis alcançou, em média, 23,6% ao ano e bens de capital 18,1% (Lacerda et al., 2000).

Na década de 70 elevou-se a carga tributária substancialmente, em função do chamado milagre econômico brasileiro, que apresentou alto crescimento econômico e taxa de tributação superior a 26% do PIB. Esta elevação na tributação sofreu vários impactos diante das crises do petróleo, que serão discutidos posteriormente. Tudo isso resultou em novas crises econômicas onde o governo lança outras políticas econômicas como o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) de acordo com o *Pensamento Cepalino* de substituição de importações.

Nos anos 80, inicialmente a diminuição da carga tributária líquida se deu pela forte e significativa influência da participação dos subsídios e da alta dos juros no mercado internacional e as crises do petróleo. A partir de 1985, aumentou novamente a carga tributária, permitindo o pagamento dos juros da dívida interna, cuja consequência foi que o governo passou a ter arrecadação negativa em 1988 e 1989 por causa da hiperinflação ocorrida na época para o pagamento de títulos públicos. Avaliar as condições de arrecadação é

extremamente importante, pois se for baixa a tributação, dificulta a atuação do governo na realização de seu papel com a saúde, educação, segurança etc.

3.1.2 Política de Incentivos Fiscais

A abertura econômica ao mercado internacional, a reforma tributária e a política antiinflacionária praticada, entre 1964 e 1967, possibilitou a retomada de investimentos do setor público em infra-estrutura, influenciando o ritmo de industrialização e a produção de bens de consumo duráveis (sobretudo automóveis) e bens intermediários (combustíveis líquidos, alumínio, siderurgia, papel e celulose) o que requeria grandes investimentos.

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). Logo, o papel do governo foi de fornecer infra-estrutura e estimular a iniciativa privada através de programas de incentivos fiscais para a retomada do desenvolvimento econômico, subsidiando projetos, principalmente nas áreas agrícola, industrial, pecuária, florestamento, reflorestamento e serviços.

O Art. 21 da Lei 4.771/65 (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”. Apenas recentemente esta exigência legal foi devidamente cumprida para que estas indústrias buscassem índices para o auto-suprimento.

A exploração florestal de matas nativas (Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga) tem-se destinado, de modo geral, à produção de lenha industrial e carvão-vegetal para uso siderúrgico e consumo doméstico. Desenvolvidas no Sudeste, são ainda “atividades-meio” no processo de expansão de áreas

agropecuárias, realizadas 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 et al., 2002).

Associada principalmente à produção de carvão vegetal, a expansão das florestas artificiais homogêneas tem ocorrido basicamente nos ecossistemas dos cerrados, cujo crescimento está associado à obrigatoriedade legal das siderúrgicas passarem a produzir sua própria matéria-prima para carvão vegetal e ao quadro favorável quanto à disponibilidade de novos investimentos nacionais e internacionais no setor.

A opção por florestas homogêneas de alto rendimento, a partir do final da década de 60, que contou com vultosos aportes de incentivos fiscais do governo federal, visava a mais do que simplesmente reflorestar áreas onde existira originalmente uma cobertura florestal, ou de preencher uma lacuna deixada pela exaustão das matas nativas do Sudeste, mas sim substituí-las por novas fontes de suprimento de matéria-prima, mais adequadas a um novo perfil de indústria de base florestal, que se concentrou nessa região.

Os primeiros reflorestamentos incentivados tiveram objetivos de suprir matéria-prima às indústrias de papel e celulose e produção de energia, 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 (Brasil, 1974). Desse modo, os fatores da exaustão dos recursos florestais na região sudeste foram causados pelo processo de industrialização e a expansão das fronteiras agrícolas.

Para diminuir a pressão do desmatamento, foi necessário que o Governo tomasse medidas que promovessem o reflorestamento, a fim de suprir a

crescente demanda dos recursos florestais, principalmente para os setores estratégicos como energia, celulose e papel.

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 siderurgia (Brasil, 1974).

A criação dos Incentivos Fiscais para o reflorestamento (Lei nº 5.106, de 02 de setembro de 1966, e Decreto-Lei nº 1.134 de 16 de novembro de 1970, ambos regulamentados pelo Decreto nº 58.565, de 29 de abril de 1971) trouxe, como primeiro reflexo, a possibilidade de auto-suficiência das indústrias siderúrgicas nacionais que utilizavam o carvão vegetal como redutor na produção de gusa.

O art. 01 da Lei nº 5.106, de 05 de setembro de 1966, diz que:

“As importâncias empregadas em florestamento e reflorestamento poderão ser abatidas ou descontadas nas declarações de rendimento das pessoas físicas e jurídicas,..., atendidas as condições estabelecidas na presente lei.

§ 1º As pessoas físicas poderão abater da renda bruta as importâncias comprovadamente aplicadas em florestamento ou reflorestamento e relativas ao ano-base do exercício financeiro em que o imposto for devido, observado o disposto no art. 9º da Lei nº 4.506, de 30 de novembro de 1964.

§ 3º As pessoas jurídicas poderão descontar do imposto de renda que devam pagar, até 50% (cinquenta por cento) do valor do imposto, as importâncias comprovadamente aplicadas em florestamento ou reflorestamento, ..., relativas ao ano-base do exercício financeiro em que o imposto for devido.

§ 4º O estímulo fiscal previsto no parágrafo anterior poderá ser concedido, cumulativamente, ..., desde que não ultrapasse, em conjunto, o limite de 50% (cinquenta por cento) do imposto de renda devido”.

O subsídio concedido pelo governo, através dos incentivos fiscais ao reflorestamento, resulta na transferência da carga tributária, ou seja, o governo deixaria de arrecadar 50% do imposto pago pelo contribuinte para que pudesse ser investido em reflorestamento. Dadas as numerosas interdependências do

sistema de preços, a teoria microeconômica explica a repercussão do subsídio na construção de um modelo de equilíbrio parcial. Analisando desta forma, a microeconomia nos explica melhor a influência do subsídio no equilíbrio de mercado (Fidellini, 1994).

O efeito dos incentivos fiscais no reflorestamento repercute no comportamento econômico dos agentes de mercado do setor florestal, especialmente em relação ao desempenho das funções básicas, como no trabalho, produção, poupança, risco empresarial e consumo.

As vantagens comparativas que o Brasil 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 et al., 1987) foram fatores importantes para que o governo estimulasse o setor florestal.

O incentivo fiscal ao setor florestal foi uma forma de estimular o florestamento e reflorestamento, ou seja, aumentar a oferta de carvão vegetal, por causa do grande consumo energético no setor siderúrgico. Política firmada no Processo de Substituição de Importações conforme o pensamento cepalino.

No entanto, ocorreu o deslocamento da oferta para a direita sem a alteração da inclinação. Isso ocorre porque se antes da introdução do incentivo fiscal constante $t = \overline{ab}$ (Figura 1.1) por uma unidade vendida, os produtores queriam ofertar a quantidade q^* da mercadoria, após a introdução do incentivo fiscal eles exigirão o preço $p-t$ para ofertar a mesma quantidade (Vasconcellos & Oliveira, 1996; Varian, 1993).

Assim, a condição de equilíbrio antes da criação do incentivo fiscal era expressa pela equação:

$$P_d = P_s(q^*)$$

Após a adoção do incentivo fiscal, a curva de oferta passa a ser expressa pela equação:

$$P_d = P_s(q^*) - t$$

onde,

P_d = Preço da demanda,

P_s = Preço da oferta,

q^* = Quantidade ótima,

$t = \overline{ab}$ = Tributo

Observa-se na Figura 1.1, que os efeitos dos incentivos fiscais sobre a quantidade vendida aumenta à medida que o preço pago diminui. Essa diferença do preço P^* para o P^{*} ' é o efeito do incentivo fiscal no reflorestamento na demanda, devido ao tributo, que o governo deixa de receber, aumentando a quantidade ofertada. Como a demanda e a oferta tendem a ser preços elásticos, então os incentivos fiscais provocaram alteração maior nas quantidades de equilíbrio que no preço.

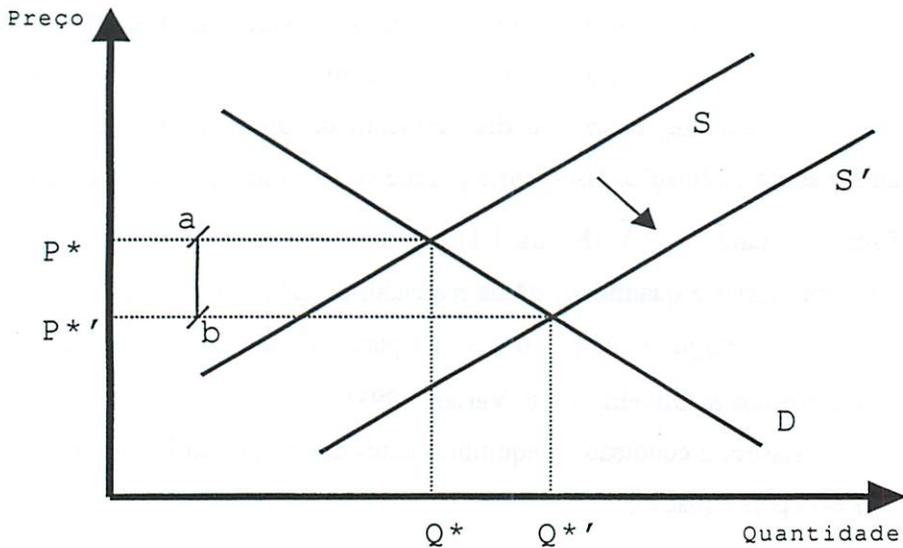


FIGURA 1.1 - Equilíbrio de mercado sob influência do incentivo fiscal.

Com a política de Incentivos Fiscais para o reflorestamento, o Brasil alcançou uma média anual de 350 mil ha de florestas plantadas. Atualmente, conta com uma área reflorestada de mais de 4,8 milhões de ha (Rezende et al., 2002, SBS, 2001).

A partir de 1974, os objetivos começaram a ser definidos com maior precisão, surgindo prioridades constantes dos programas específicos, tais como o Programa Nacional de Papel e Celulose e o Plano de Carvão Vegetal para siderúrgica, conforme na Figura 1.2. Além disso, os incentivos fiscais para o reflorestamento representaram um expressivo impulso na política de exportação de celulose, de acordo com as metas estabelecidas no Programa Nacional de Papel e Celulose (Brasil, 1974). Também teve início a exigência de delimitação dos distritos florestais, dentro das fronteiras dos quais os projetos deveriam obrigatoriamente ser localizados por causa das suas vantagens comparativas (Reis & Carneiro, 1982).

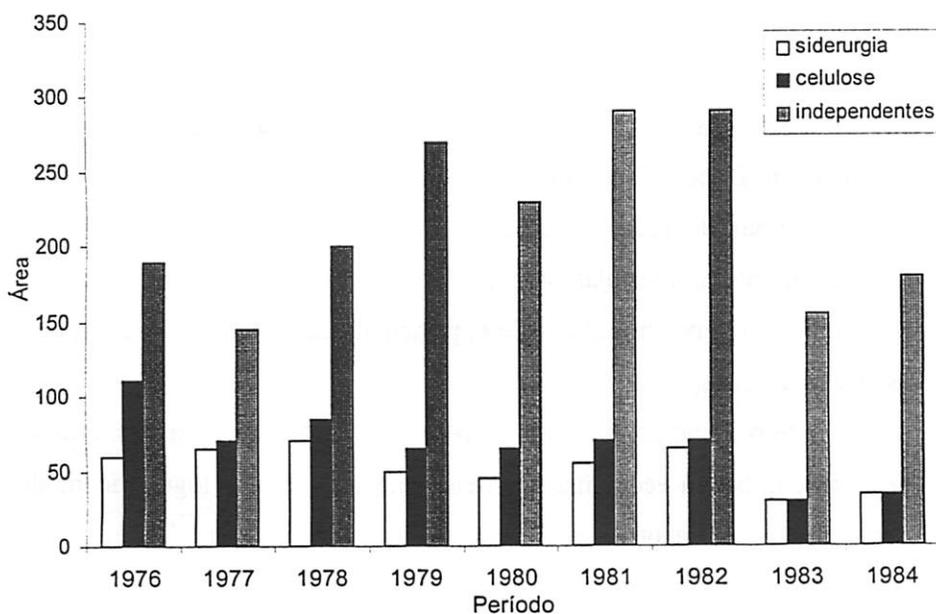


FIGURA 1.2 - Área plantada anualmente com Incentivos Fiscais (1.000 ha).
Fonte: ABRACAVE (1985).

A região brasileira que mais se destacou na atividade de floresta plantada com o gênero *Eucalyptus* foi à região sudeste, com especial destaque para o Estado de Minas Gerais, que em 1985 detinha 59% de toda a área nacional reflorestada com eucalipto, representando, aproximadamente, 1,5 milhões de ha (Alfaro, 1985).

Reis & Carneiro (1982) enfatizam que, com a canalização dos incentivos fiscais às regiões prioritárias para reflorestamento, objetivou-se reduzir a dispersão dos plantios, como a implantação de projetos em áreas inviáveis economicamente, buscando obter, através da oferta de madeira a baixo custo de transporte, uma possibilidade de maior sucesso econômico do empreendimento.

O distrito florestal se caracteriza como uma área geográfica dimensionada em função do desenvolvimento integrado dos empreendimentos florestais e industriais preconizados pelo Programa Nacional de Papel e Celulose, dentro do objetivo de alcançar a combinação ótima de todos os fatores produtivos envolvidos. No estado de Minas Gerais, em 1980, foi feita uma reformulação das regiões prioritárias para o reflorestamento, ficando definidos os seguintes distritos florestais: São Francisco, Jequitinhonha, Triângulo Mineiro, Rio Doce e Centro Oeste.

Apesar de todos os esforços delimitando regiões prioritárias para o reflorestamento, muitos plantios foram realizados com baixo índice tecnológico, resultando em baixa produtividade e, principalmente, mal localizados, onerando os custos de transporte.

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 de energia

(carvão vegetal) e da capacidade produtiva de insumos básicos e a produção de bens de capital pesados (Resende & Teixeira, 2001)

3.1.3 Crises do Petróleo

O petróleo é composto de hidrocarbonetos em seus três estados. Contém também pequenas quantidades de compostos de enxofre, oxigênio e nitrogênio. Na antiguidade era usado para fins medicinais ou para lubrificação. Atribuíam-se ao petróleo propriedades laxantes, cicatrizantes e anti-sépticas. Na Bíblia o petróleo foi usado para calafetar a Arca de Noé. Hoje se extraem do petróleo centenas de produtos químicos e farmacêuticos.

Dois fatores fizeram com que o petróleo fosse um recurso estratégico no século XX. O primeiro foi a II Revolução Industrial, com a industrialização dos transportes em série, o veículo automotor, aumentando o consumo de gasolina e óleo diesel, impulsionando a propensão e a busca de mais poços de petróleo no mundo. Outro fator que tornou o petróleo o negócio do século foi a substituição do carvão mineral pelo óleo combustível nos navios, tornando a fonte energética da modernidade.

O petróleo é a principal fonte de energia do mundo. Sua extração conheceu uma progressão ininterrupta, ou quase ininterrupta, durante mais de um século. Iniciada em 1859, na Pensilvânia, a produção ainda era modesta. Às vésperas da I Guerra Mundial, a extração do petróleo era relativamente pequena. Após a II Guerra Mundial teve um grande crescimento no seu consumo, principalmente entre 1960 e 1973, sendo 47% da fonte energética mundial.

No Brasil, o primeiro poço produtor foi aberto em 1939, em Lobato, próximo de Salvador. A prospecção e a produção de petróleo foram intensificadas após as crises dos anos 70, com uma produção oscilando ao redor de 50% das necessidades nacionais de consumo até meados dos anos de 1990 (Brasil, 2002).

A Petrobrás - Petróleo Brasileiro S/A, criada em 03 de outubro de 1953 com a edição da Lei 2.004, que instituiu o monopólio estatal para a pesquisa de lavras, refino e transporte de petróleo e derivados, bem como gases raros de qualquer natureza.

A Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEC), fundado em Bagdá em 1960, conhecida como “cartel do petróleo”, somente conseguiu marcar presença em 1973, ocasião em que o boicote seguido de um substantivo aumento de preços provocou inflação e recessão econômica nos países ocidentais dependentes de petróleo.

Às vésperas da I Crise do Petróleo (1965), o governo brasileiro lança a Política de Incentivos Fiscais. O setor florestal foi chamado a contribuir e de fato o fez, tanto na substituição de recursos quanto na economia de gastos com energia e de divisas. A energia vinda das florestas é, na verdade, a energia solar usada indiretamente, sendo, portanto, um recurso renovável desde que se leve em consideração a capacidade produtiva do solo, ao contrário da energia fóssil.

A política de incentivos ao reflorestamento teve como objetivo a geração de energia e o desenvolvimento de regiões marginais (não ocupadas economicamente), promovendo assim a descentralização regional, retomando o crescimento e criando novos amortecedores sociais e regionais (Cano, 1996).

O embargo petrolífero em 1972 foi o primeiro alerta da crise energética exercido pela OPEC, também chamada “I Crise de Petróleo”. Em 1973 reduziu a produção de petróleo e, conseqüentemente, elevou os preços nominais do barril de petróleo de US\$ 3,05 para US\$ 10,73 em 1974, provocando um grande impacto na economia mundial (OPEC, 2002). Em contrapartida, os países importadores de petróleo buscavam uma forma de entrar em acordo com a OPEC para baixar os preços, mas todas as tentativas foram em vão, visto na Figura 1.3. A alternativa que se restou foi a implantação de políticas de substituição de energia.

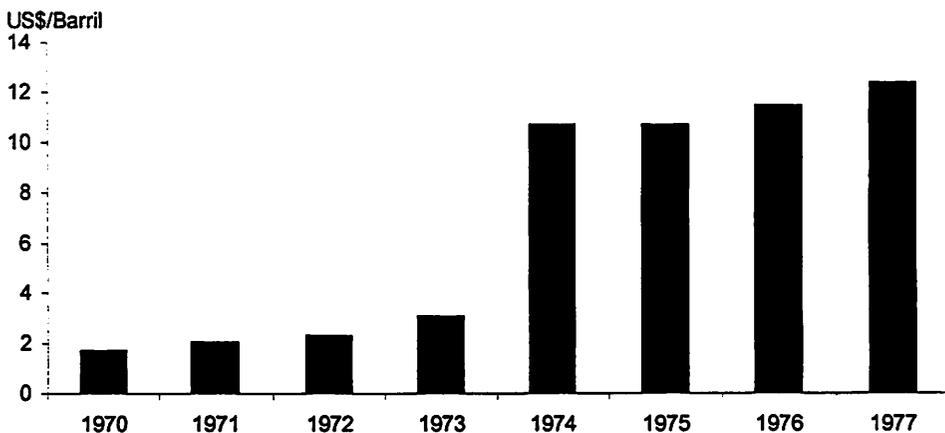


FIGURA 1.3 - Preços nominais do barril de petróleo no período de 1970 a 1977.

Fonte: OPEC, (2002).

Ficou, então, evidente que políticas temporárias e paliativas de substituição de energia não eram suficientes para substituir o petróleo por fontes alternativas de energia, influenciando o setor florestal com o carvão vegetal e o setor sucroalcooleiro para a produção do álcool.

A crise energética evidenciou, também, o uso da lenha como fonte de energia nas fábricas de cimento, cerâmica, caldeiras etc. Esta renovada ênfase na produção de energia ensejou as chamadas florestas energéticas, destacando-se por serem mais densas e de ciclo mais curto, fortalecendo a pesquisa em busca de novas tecnologias para produção de mudas, silvicultura, manejo e colheita florestal.

Em 1979 estourou outra crise mundial. A revolução Islâmica no Irã, um dos maiores exportadores de petróleo, tirou do poder o xá Reza Pahlevi, aliado do Ocidente no Mundo Árabe, subindo ao poder o aiatolá Khomeini, levando a uma instabilidade política e desorganizando todo o setor produtivo do Irã. A crise se estendeu chegando ao cume de US\$ 31,58 o barril de petróleo em 1981, ou seja, este choque foi duas vezes maior que a I crise do petróleo em 1973 (Figura 1.4).

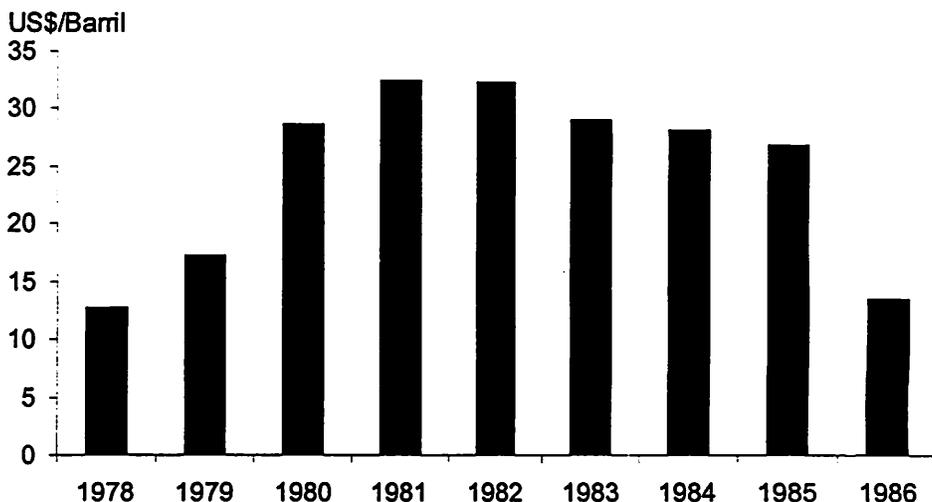


FIGURA 1.4 - Preços nominais do barril de petróleo no período 1978 a 1986. Fonte: OPEC, (2002).

Após a II crise do petróleo, ocorreu a aceleração dos programas governamentais existentes, com o escopo de diminuir a dependência energética externa aproveitando as fontes nacionais. A ênfase do programa de recondicionamento industrial foi a característica marcante dessa nova fase (Giambiagi, 1985). O mundo “resolveu” a questão do petróleo de duas formas: aumentando a produtividade e taxa de juros a níveis inéditos (Gremaud et al., 1999 e Lacerda et al., 2000). Como resultado, os donos das reservas aumentaram a taxa de extração de petróleo, abaixando o preço do petróleo a longo prazo, conforme visto na Figura 1.4.

3.1.4 Determinante Energética da Siderurgia a Carvão Vegetal

A siderurgia a carvão vegetal é uma atividade muito importante para as economias mineira e brasileira. A história do carvão vegetal no Brasil teve início em meados do século XIX, na Zona da Mata mineira, quando as primeiras sementes da Revolução Industrial influenciaram o surgimento da indústria siderúrgica a carvão vegetal.

O carvão vegetal oriundo de floresta nativa foi utilizado no processo de substituição de importações de energia na siderurgia. Após a promulgação da política de incentivos fiscais ao reflorestamento, o governo federal começou a investir na expansão das indústrias siderúrgicas e de celulose, o que contribuiu para o crescimento exponencial das áreas de plantio com a monocultura de eucalipto no país, superando inclusive culturas tradicionais como arroz, feijão e café.

Nos anos 70 foi criado o pólo siderúrgico no oeste e norte de Minas, abrangendo os municípios de Belo Horizonte, Sete Lagoas, Divinópolis, Pirapora, entre outros, todos localizados em áreas de Cerrado. Desta forma, a produção de carvão se deslocou da Zona da Mata para o norte e noroeste de Minas (Guerra, 1995). A evolução do consumo de carvão vegetal mineiro pode ser visto na Tabela 1.2.

TABELA 1.2 - Evolução do Consumo de Carvão Vegetal na siderurgia de Minas Gerais (Unidade: 1.000 mdc)

Ano	Consumo
1974	10.329,56
1975	12.343,83
1976	13.037,43
1977	12.881,72
1978	12.806,56
1979	15.034,48
1980	16.687,37
1981	15.744,92
1982	14.812,56
1983	16.445,96
1984	21.158,87

Fonte: ABRACAVE (1985).

Nesta época, a principal fonte de energia (o petróleo) entrou em crise provocando mudanças extremas. Como o Brasil tinha que crescer a qualquer custo no seu processo de industrialização, a economia de energia se tornou uma

questão prioritária, principalmente em termos da política industrial e na balança de pagamentos. Em resposta ao aumento no preço do barril de petróleo, o governo buscou alternativas de substituição energética, para que o país pudesse continuar a se desenvolver.

O setor siderúrgico brasileiro, na busca de substituição de energia que utilizava os derivados de petróleo, em especial, o óleo combustível, passou a utilizar o carvão vegetal. Tal fato ocorreu porque a siderurgia apresenta um consumo muito intenso de energia. O consumo de energia na siderurgia, em 1974, era cerca de 6% da energia demandada no Brasil. A participação do setor siderúrgico no PIB brasileiro é representativa, mas sua dependência energética é bastante elevada.

Segundo Paula (1992), a utilização do carvão vegetal como recurso energético totalmente nacional foi o grande responsável pelo crescimento da siderurgia brasileira. O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, sendo que, em média, de 74% do consumo destina-se ao setor siderúrgico.

O caso mais notório na siderurgia brasileira a carvão vegetal é o pólo guseiro de Minas Gerais. Desde a introdução da siderurgia no século XIX, passando pelas crises do Petróleo, até os dias atuais, o consumo de carvão vegetal na siderurgia de ferro-gusa é representativo na demanda de florestas.

Carvalho (2000) afirmou que a fonte de energia utilizada em Minas Gerais era composta por 30,92% a lenha e seus derivados do total demandado no estado, pouco menos que a energia hidrelétrica (33,69%). As demais fontes são petróleo e derivados (19,26%), carvão metalúrgico e coque (11,07%), carvão energético (0,37%), cana e derivados (3,5%) e outras fontes (1,20%).

A utilização do carvão mineral coqueificável no setor siderúrgico brasileiro aumentou a partir da década de 80. O coque nacional usado na década de 70 era de baixa qualidade e altos teores de cinzas, sendo gradativamente

substituído pelo coque importado, principalmente dos EUA, Polônia, Canadá e Austrália.

Existem outros tipos de energia utilizada no setor siderúrgico reaproveitados no próprio processo produtivo. Os mais importantes são gases combustíveis e o alcatrão. Estes gases são fontes alternativas de energia e bons indicadores de conservação de energia na indústria. O reaproveitamento do alcatrão é um caso específico da siderurgia a carvão vegetal, sendo uma estratégia das usinas integradas em aproveitar os subprodutos da carbonização da madeira, como também o etanol, acetona e o ácido acético.

3.2 A Evolução do Setor Florestal

No início dos incentivos fiscais ao reflorestamento, as florestas plantadas eram utilizadas para a produção de carvão vegetal destinada às siderurgias e para a produção de celulose. Com o passar do tempo, o melhoramento de técnicas de manejo e o déficit da floresta nativa, trouxeram múltiplos usos para estas espécies exóticas e de rápido crescimento, como o eucalipto.

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 re-adequação da base de matéria-prima florestal, embora esses segmentos industriais tenham conseguido estabelecer alguns ganhos de competitividade, com as vantagens comparativas. Será necessário basear e direcionar os investimentos futuros em aumentos crescentes de produtividade e qualidade, de sorte a converter cada vez mais as vantagens comparativas dos recursos florestais plantados no país em vantagens competitivas.

As florestas plantadas são, hoje, responsáveis pela maior parte do consumo industrial de madeira em toras/toretos 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, tendem hoje a procurar manejar esses plantios, permitindo maior leque de usos finais para a madeira plantada, como é o caso, por exemplo, da indústria de papel e celulose, que já cogita diversificar a utilização de sua madeira também em investimentos de unidades para processamento mecânico de madeira.

Os resultados demonstram que, nas duas últimas décadas, o país soube tirar proveito das vantagens comparativas e dos avanços silviculturais obtidos no campo das florestas plantadas, ainda que numa conjuntura mundial marcada pela globalização dos fluxos de capitais e mercadorias e pela extrema competição entre economias e blocos econômicos.

No caso do uso das florestas artificiais, nos estudos prospectivos dos macro-vetores de desenvolvimento, demonstram que a busca de aumentos de produtividade e intensificação da exploração, em regiões de povoamento mais denso como o Sudeste, será a regra. No entanto, não estão excluídas as tendências históricas de expansão extensiva, uma fração do produto dessas florestas ainda resulte da incorporação de novos espaços à produção. A exploração de florestas artificiais apresenta-se como uma das principais tendências de ocupação nas áreas degradadas mineiras.

O setor florestal desempenha, atualmente, um papel relevante na economia brasileira. Em média 4% do Produto Interno Bruto (PIB) são gerados pelo setor, que também participa com cerca de 10% das exportações brasileiras. No campo social o setor possui uma marcante participação, empregando mais de 2 milhões de trabalhadores, sendo empregos diretos indiretos tanto em florestas nativas e florestas plantadas (SBS, 2001).

Por estas características, o setor florestal sempre foi significativo nos planos de desenvolvimento nacional, bem como nos planejamentos das empresas privadas, instituições de pesquisa e programas governamentais. Os programas

que merecem destaque são: o Programa Nacional de Papel e Celulose, o Programa Siderúrgico Brasileiro e o Programa Estratégico de Substituição de Energia.

Os recursos naturais renováveis, como os florestais, podem acabar se exaurindo. A causa é a grande demanda gerada para o fornecimento de insumos industriais. Uma fonte renovável quando se trata de fenômenos biológicos pode ser tornar escassa.

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

3.2.1 A Questão Ambiental

Observa-se nos últimos anos uma crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e das desigualdades econômico-sociais, surgindo muita informação e conscientização sobre a importância dos recursos naturais e do meio ambiente, como fatores de produção e de equilíbrio ecológico.

A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81) define meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida de todas as formas”. Esta mesma Lei estabelece que o meio ambiente é patrimônio público e que deve ser, compulsoriamente, protegido, considerando seu caráter coletivo.

Reverendo a conjuntura econômica atual, tem-se a noção das questões ambientais que levaram à deterioração do meio ambiente e queda da qualidade de vida da população a nível global. A conscientização se faz necessária, portanto, para toda a população ter um planejamento regional, nacional e global

de sua utilização, sendo condicionantes para a sociedade alcançar um padrão sustentável de desenvolvimento.

A palavra desenvolvimento sustentável pode ser descrita por dezenas de definições e conceitos. Como não é quantificável, cada autor tem o direito de emitir “seu próprio conceito” e/ou adaptá-lo conforme suas necessidades, até mesmo para casos estritamente particulares.

Contudo, o mais famoso conceito de desenvolvimento sustentável é o usado por Brundtland (1988), no relatório da ONU intitulado “Nosso Futuro Comum”, que diz: *“O Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações atenderem suas próprias necessidades”*. Ele contém dois conceitos-chave: o primeiro conceito de “necessidades”, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade; e o segundo dá a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõe sobre o meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

O modelo de desenvolvimento sustentável é perseguido pela maioria dos países que se importa com a política ambiental. A gestão e o uso racional dos recursos naturais deve ser gerenciando a longo prazo, evidenciando os impasses e custos ecológicos na estrutura social e econômica, internalizando as externalidades, os riscos globais, o acesso à informação e o desenvolvimento científico e tecnológico (Carvalho & Viana, 1998).

O nível de consciência ambiental depende das variáveis econômicas e culturais da sociedade. A representação do meio ambiente pertence ao conjunto de valores sociais, tendo a importância o seu uso. Em termos operacionais, a política ambiental está vinculada aos recursos financeiros, técnicos e humanos necessários à sua implementação.

Muitos economistas, de várias correntes de pensamento, têm procurado desenvolver conceitos, métodos e técnicas com o objetivo de calcular os valores econômicos detidos pelo ambiente (Comune & Marques, 1999). Dentre estas correntes estão:

- a. A economia do meio ambiente e dos recursos naturais, que repousa nos fundamentos da teoria neoclássica, através dos bens e serviços transacionados no mercado;
- b. A economia ecológica, que se apóia nas Leis da Termodinâmica e procura valorar os recursos ecológicos com base nos fluxos de energia líquida dos ecossistemas;
- c. A economia institucionalista, que procura abordar a questão em termos dos custos ocorridos pelos elementos (instituições, comunidades, agências, público em geral) do ecossistema, na busca de uma qualidade ambiental.

A necessidade de conceituar o valor econômico do meio ambiente, bem como de desenvolver técnicas para este valor, é um fato incontestável de que a maioria dos bens e serviços ambientais e funções providas ao homem pelo ambiente não são transacionadas pelo mercado, no entanto, dependemos destes recursos, e muitas das vezes não se dá o mínimo valor.

O meio ambiente, ao desempenhar funções imprescindíveis à vida humana, apresenta valor econômico positivo mesmo que não refletido diretamente pelo mercado. Um princípio básico a ser observado é que o ambiente e o sistema econômico se interagem, tanto os impactos que o sistema econômico provoca no meio ambiente, quanto os impactos que os recursos naturais causam na economia.

A destruição do capital construído pelo homem é diferente da degradação ambiental que o sistema econômico traz ao meio ambiente, tornando

os ativos ambientais irreversíveis e em sua maioria não são substituíveis (Comune & Marques, 1999).

A espera da solução do mercado pode resultar em perdas ao meio ambiente e à sociedade, como a redução do bem-estar não somente à geração presente, mas também à futura, já que o ambiente desempenha funções econômicas.

Assim, fica implícita a necessidade de valorar os bens e serviços ambientais, desempenhados sobre diversas funções: provisão de matérias-primas, capacidade de assimilação de resíduos, estética e recreação, biodiversidade e capacidade de suporte sobre as diversas formas de vida na terra.

É necessário avaliar adequadamente os recursos naturais, pois os preços dos bens econômicos não refletem o verdadeiro valor da totalidade dos bens usados na produção, havendo uma divergência entre os custos privados e sociais.

3.2.2 O Setor Florestal e o Meio Ambiente

O setor florestal, assim como outros setores da economia, também são dependente dos recursos que o meio ambiente fornece à sociedade. Este setor, assim como os demais, produzem tanto bens comercializáveis quanto bens não comercializáveis (muitas vezes bens públicos e externalidades), 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 e etc (Rezende & Oliveira, 2001).

Se por outro lado os bens comercializáveis apresentam a característica de terem preços definidos pelo mercado, os bens não comercializáveis não apresentam esta característica.

Lima (1987) afirma sobre a importância do reflorestamento com o eucalipto, que não se restringe aos valores representativos pelo uso de seus produtos florestais, mas pelo seu papel representativo que contrabalança a devastação das florestas nativas em países em desenvolvimento. Apesar desta inquestionável importância gera um amontoado de críticas populares, sem nenhuma base científica a respeito dos recursos hídricos, do solo e da fauna.

Segundo Lima (1993), o potencial de produção de biomassa de uma plantação florestal é, basicamente, função da quantidade de radiação solar interceptada pelas copas, o qual pode ser limitado tanto pelo déficit hídrico, quanto pelo déficit de nutrientes. Na ocorrência de um déficit hídrico, o crescimento das árvores depende da maior ou menor capacidade que os estômatos apresentam de controlar as perdas de água, ou seja, menor eficiência do uso da água pelas plantas.

A eficiência no uso da água e dos nutrientes, portanto, pode ser vista como um importante mecanismo de adaptação que a espécie desenvolveu, visando a suportar a escassez destes dois recursos do meio. Trata-se de um mecanismo evolutivo pelo qual a planta adquire maior elasticidade para enfrentar possíveis déficits hídricos.

Entretanto, é importante considerar que esta aparente vantagem tem um custo fisiológico. De fato, com a diminuição da condutância estomática, há uma diminuição na transpiração proporcionalmente maior que a correspondente diminuição na assimilação de carbono, com resultado líquido, o aumento na eficiência de uso da água.

Silva (1996), com base em literatura especializada, 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, as externalidades positivas ultrapassam as externalidades 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 do que se fariam presentes, caso esta mesma área fosse alocada para outros usos agrícolas (Rezende & Oliveira, 2001).

3.3 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 a 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 1.5. A série completa é considerada como resultante de efeitos combinados de uma coleção de ondas senoidais e cossenoidais oscilando em diferentes taxas.

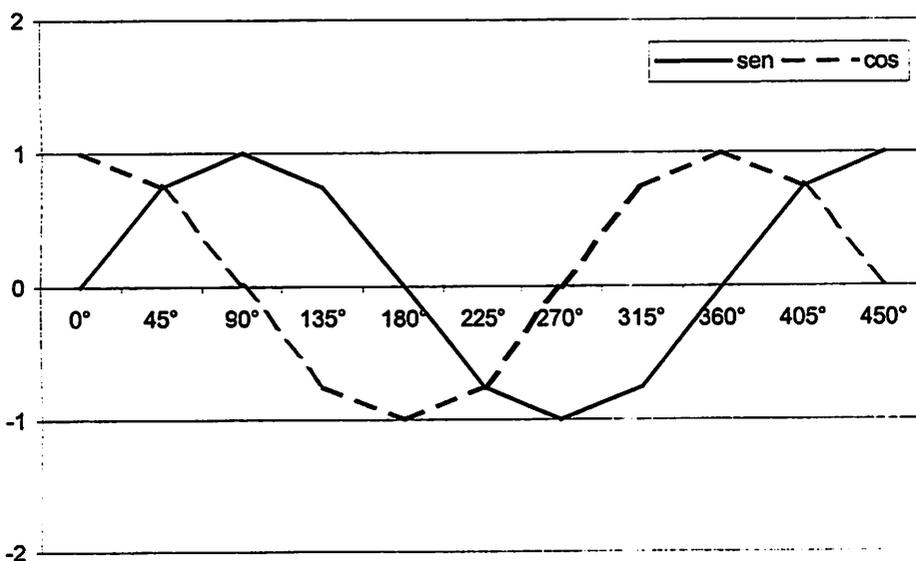


FIGURA 1.5 - Funções de seno e cosseno

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). 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.

3.3.1 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 1.6.

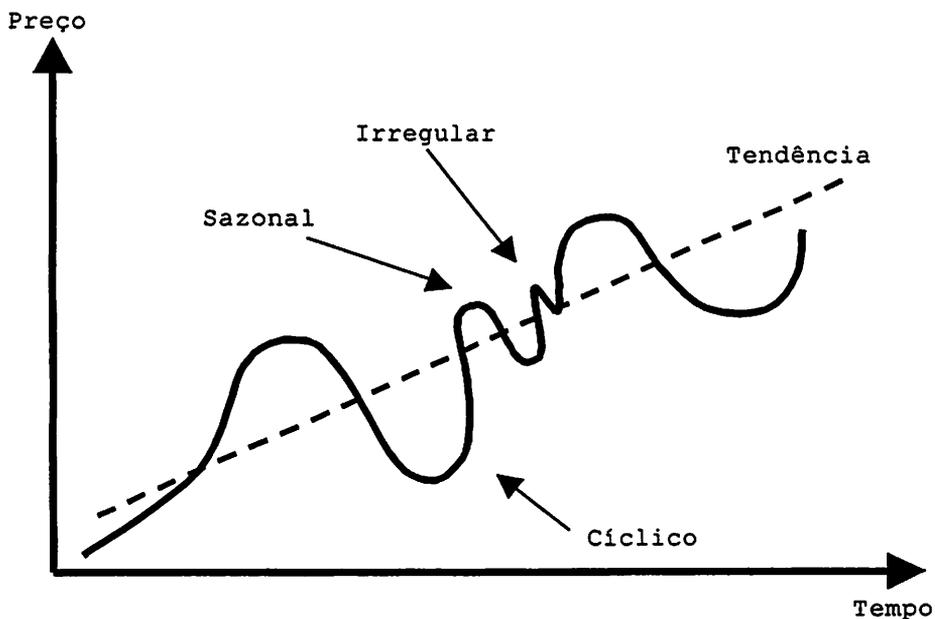


FIGURA 1.6 - Ilustração dos efeitos de tendência, cíclico, sazonal e irregular sobre os preços. Extraído de Rezende et al. (1988).

A tendência (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), 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) 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 inter-relação entre eles.

3.3.2 Função de Autocorrelação (ACF)

A teoria de domínio do tempo das séries temporais se baseia na suposição da estacionariedade de segunda ordem (Venable & Ripplley, 1999). Assumindo a série Y_t variando durante um tempo, mas a observação variando $t = 1, \dots, n$ e a mesma defasada de $t+k$ períodos, sendo $(k = 1, 2, 3, \dots, n)$. Nota-se que Y_t permuta $Y(t)$, onde a média μ da série chega próximo de zero, e a correlação e a covariância

$$\rho_k = \text{corr} (Y_t, Y_{t+k}), \quad \gamma_\tau = \text{cov} (Y_t, Y_{t+k}) = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$$

não é dependente de k . A covariância é estimada para $t > 0$, observando os pares $(Y_{1+t}, Y_1), \dots, (Y_n, Y_{n-t})$. A regra da correlação e a covariância dos pares é exatamente diferente da estimativa entre a média e a variância das sub-séries X_{1+t}, \dots, X_n e X_1, \dots, X_{n-t} , assumindo a estacionariedade de segunda ordem variando entre média e a variância.

$$\gamma_k = \frac{\text{Cov}(Y_t, Y_{t+k})}{\sqrt{\text{Var}(Y_t) \cdot \text{Var}(Y_{t+k})}}$$

em que γ_k = Autocorrelação populacional. A representação gráfica de γ_k versus k (conhecido como ‘lag’ ou intervalo no tempo) é chamado de **Função de Autocovariância Amostral** da série temporal. Algumas vezes, é conveniente, quando se compara as séries com diferentes escalas de medida, normalizar γ_k , dividindo-se pela variância γ_0 , de forma a obter-se a **Função de**

Autocorrelação Amostral: $\hat{\gamma}_k = r_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$; $k = 1, 2, \dots, n-1$

o que é equivalente a: $r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2}$; $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_t$

sendo N = número de observações da amostra. O gráfico de ρ_k versus k é também conhecido como “Correlograma”. A análise do correlograma possibilita identificar diversas características da série em estudo. A seqüência ρ_k é utilizada para medir o número de defasagens e a intensidade da “memória” do processo, contudo, indicando o grau de correlação entre as observações vizinhas da série. A ACF é útil em algumas situações porque fornece uma visão do jeito como a dependência da série cai com o ‘lag’ ou separação k entre pontos da série, verificando se a série é, ou não, estacionária.

3.3.3 Análise Espectral

A aproximação espectral das propriedades de segunda ordem pode separar melhor o efeito sazonal no curto prazo. A teoria prova que seu uso é mais fácil em séries dependentes, onde pode explicar a análise de domínio da frequência (Bloomfield, 1976).

A sucessão de segunda ordem da covariância permite que a série de tempo estacionária seja expressa por:

$$\gamma_t = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\omega t} dF(\omega)$$

para o espectro F (ou transformada de Fourier), em uma medida finita $(-\pi, \pi)$. Nestas condições moderadas, que excluem os componentes puramente

periódicos da série, há uma densidade medida, conhecida como densidade espectral de F, assim:

$$\gamma_t = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\omega t} f(\omega) d\omega = \int_{1/2}^{1/2} e^{2\pi i\omega f t} f(2\pi\omega f) d\omega f \quad (1)$$

onde a forma na primeira frequência ω está em unidades de radianos/tempo e na segunda forma ω_f está em unidades de ciclos/tempo. Em ambos os casos está medido Δt em unidades de tempo. Se o objeto da série de tempo possui uma frequência maior que 1, o tempo está medido em unidades básicas, a densidade espectral será dividida pela frequência.

A integral de Fourier pode ser invertida para dar

$$F(\omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} \gamma_t e^{-i\omega t} = \gamma_0 \left[1 + 2 \sum_1^{\infty} \rho_t \cos(\omega t) \right] \quad (2)$$

Pela simetria de γ_t , $f(-\omega) = f(\omega)$, considera que $f(0, \pi)$ das equações (1) e (2) operam com constantes discrepantes. A ferramenta básica para calcular a densidade espectral é o periodograma. Para uma frequência ω , computa-se a correlação quadrada efetiva entre a série e a frequência ω que ondula seno/cosseno por

$$I(\omega) = \left| \sum_{t=1}^n e^{-i\omega t} X_t \right|^2 / n = \frac{1}{n} \left[\left\{ \sum_{t=1}^n X_t \text{sen}(\omega t) \right\}^2 + \left\{ \sum_{t=1}^n X_t \text{cos}(\omega t) \right\}^2 \right]$$

A frequência 0 corresponde à média, sendo que está normalmente se afastando. A frequência π corresponde a uma série de cosseno de alternar ± 1 sem a série de seno. Bloomfield (1976) tem um fator $1/2\pi$ na definição do periodograma. O periodograma está relacionado pela função de autocovariância, sendo

$$I(\omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_t e^{-i\omega t} = c_0 \left[1 + 2 \sum_1^{\infty} r_t \cos(\omega t) \right],$$

onde

$$c_t = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\omega t} I(\omega) d\omega$$

carregando uma informação idêntica. Porém, para cada escala que se faz, fornece alguma informação mais fácil de interpretar.

Se ω_k é uma *freqüência de Fourier* da forma $\omega_k = 2\pi k/n$, assim, o periodograma à freqüência de Fourier será aproximadamente independente para n grande. Assim, o próprio periodograma não provém de um estimador consistente da densidade espectral, mas pode-se calcular a suavidade posterior de uma média adjacente distribuída, independentemente do anúncio das ordenadas do periodograma, obtendo-se a estimativa, menos variável, de $f(\omega)$ (Venable & Ripley, 1999). Um núcleo mais suavizado é usado da forma

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{h} \int K\left(\frac{\lambda - \omega}{h}\right) I(\lambda) d\lambda \approx \frac{2\pi}{nh} \sum_k K\left(\frac{\omega_k - \omega}{h}\right) I(\omega_k) = \sum_k g_k I(\omega_k)$$

para uma probabilidade de densidade K . O parâmetro h controla o grau de suavização. Mas se h aumenta, a variância decresce; no entanto, a tendência cresce.

3.3.4 Família ARIMA

Na década de 60, Box & Jenkins foram os defensores desta metodologia de séries temporais, baseando nos parâmetros limitados ao modelo de propriedade de segunda ordem, levando-se em conta que se os erros são sucessivamente dependentes, as observações também serão. O grande mérito de Box & Jenkins (1976) foi reunir as técnicas existentes numa metodologia para construir modelos que descrevessem com precisão e de forma parcimoniosa o

processo gerador da série temporal, proporcionando, dessa forma, previsões acuradas de valores futuros. Uma condição básica para sua aplicação é que a série seja estacionária, com variância finita. O processo da Média Móvel de ordem q (MA(q)) é definido por:

$$Y_t = \sum_{j=0}^q \theta_j a_{t-j}, \quad \theta_0 = 1$$

em que θ_j , ($j = 0, 1, 2, \dots, q$) do modelo de médias móveis possibilita escrever a série em função dos choques passados. Os valores de a_t representam uma seqüência de choques aleatórios e independentes uns dos outros, a_t é uma porção não-controlável do modelo e chamado normalmente de ruído branco (*white noise*). Em geral cada a_t é considerado como tendo distribuição normal, média zero, variância constante e não-correlacionados.

O processo auto-regressivo de ordem p (AR(p)) é definido por:

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + a_t$$

em que ϕ_i , ($i = 1, 2, \dots, p$) são parâmetros auto-regressivos do modelo em que ajusta os valores passados de y_t do instante imediatamente anterior até o mais distante representado por p .

O processo ARMA (p, q) é definido por:

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + a_t + \sum_{j=0}^q \theta_j a_{t-j}$$

Nesta equação tem-se que o termo ϕ_i é parâmetro que ajusta os valores passados de y_t do instante imediatamente anterior até o mais distante representado por p . Os valores de a representam uma seqüência de choques

aleatórios e independentes uns dos outros, a_t é uma porção não-controlável do modelo e é chamado normalmente de ruído branco (*white noise*). O parâmetro θ_j possibilita escrever a série em função dos choques passados. Em geral, cada a_t é considerado como tendo distribuição normal, média zero, variância constante e não-correlacionados.

Quando a série temporal é não estacionária, com algumas transformações nos dados, tais como cálculo da 1ª ou 2ª diferença, pode-se chegar a uma série estacionária sobre a qual a metodologia pode ser aplicada.

O processo Auto-regressivo Integrado Média Móvel, ou simplesmente, ARIMA (p,d,q) é utilizado quando a série é não estacionária do tipo homogêneo, que permite sua transformação em uma série estacionária através do operador da diferença de ordem d , podendo ser descrito como:

$$\phi(B)\Delta^d Y_t = \theta(B)a_t; \quad \nabla^d = (1-B)^d; \quad w_t = \nabla^d Y_t,$$

onde,

B é o operador de retardo (*backward*)

d = número de diferenças para tornar a série estacionária.

O polinômio auto-regressivo de ordem p (ϕB), sendo

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

O polinômio de médias móveis ordem q (θB), é dada por

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$$

O processo Sazonal Auto Regressivo Integrado Média Móvel [SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s] é utilizado quando nas séries temporais ocorrem sazonalidade no período de 6 ou 12 meses. Este processo é bastante similar àquelas em que a sazonalidade é inexistente. A diferença consiste em estabelecer um número

maior de parâmetros para preconizar a sazonalidade na série possuidora de correlação serial nos períodos defasados do tipo

$$\Phi(B^s)\Delta_s^D Y_t = \Theta(B^s)a_t; \quad \Delta_s^D = (1 - B^s)^D; \quad w_t = \Delta^d \Delta_s^D Y_t$$

onde,

s = sazonalidade,

D = número de diferenças sazonal.

Estimativas dos parâmetros são feitas pela função de distribuição normal ou gaussiana. A aplicação dos modelos da família ARIMA segue as seguintes etapas: identificação e ajuste, estimativa, diagnóstico e previsão (Fischer, 1982; Silva & Silva, 1996; Venable & Ripley, 1999).

3.3.4.1 Identificação

A etapa de identificação é a fase mais crítica do modelo e consiste em determinar os tipos de modelo gerador da série, os quais são denominados:

y_t	AR MA ARMA ARIMA SARIMA ⋮	Qual a ordem do modelo, ou seja, quais os valores de	(p) (q) (p,q) (p,d,q) (p,d,q) x (P,D,Q) _s
-------	--	---	--

Para cada um desses modelos, a ordem pode variar. Normalmente, deve-se optar por modelos de ordem 1, ou 2, com base no "princípio de parcimônia", ou seja, obter um modelo mais simples com pequeno número de parâmetros.

Assim, a etapa de identificação é a etapa na qual se estabelecem as características básicas da série, tais como o tipo do gerador (estacionário ou não estacionário); a existência ou não das componentes sazonal e tendência, e que capacita o pesquisador a estabelecer a ordem do modelo que se ajusta à série observada; e as estimativas iniciais para os valores dos parâmetros envolvidos. A

análise gráfica da série observada, apenas, não é suficiente para identificar se a série é estacionária. Para isso, é necessário analisar as Funções de Autocorrelação (ACF), de Autocorrelação Parcial (PACF), as densidades espectrais e os resíduos dos AR's.

3.3.4.2 Estimativa e Diagnóstico

Nesta etapa é preciso estimar os parâmetros ϕ 's do modelo AR, os parâmetros θ 's do modelo MA e a variância do erro σ_ε^2 . A estimativa pode ser feita utilizando-se o método dos mínimos quadrados ou máxima verossimilhança.

A estimativa é feita a partir de uma amostra da população. Normalmente são fornecidas estimativas iniciais ao programa computacional que, mediante processos iterativos, encontra um valor que maximiza a verossimilhança (*Maximum Likelihood*). O sistema computacional utilizado, S-PLUS 2000, considera normalmente um intervalo de confiança de 95% para as estimativas preliminares dos parâmetros, estimativa que satisfaz as condições de estacionariedade e invertibilidade.

A série temporal y_t pode ser escrita como um modelo ARIMA (p,d,q), se esta série for não estacionária ou se houver um fator sazonal pelo modelo SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s, onde pode-se aplicar o operador diferença nessa série para torná-la estacionária na média.

Para realizar a estimativa pelo método dos mínimos quadrados é preciso minimizar $\sum \hat{a}_t^2$. No caso da estimativa por máxima verossimilhança, necessita-se da hipótese de normalidade sobre a distribuição de $w_t = \Delta^d y_t$, no caso do modelo ARIMA, ou seja,

$$a_t \sim N(0, \sigma_a^2) \rightarrow w_t \sim N(0, \sigma^2)$$

instabilidade e variações estacionais, difíceis de estabelecerem o equilíbrio entre a oferta e demanda, conseqüentemente, oscila os preços no mercado ao longo do ano. No caso dos produtos agrícolas e florestais, uma série de estudos já vem sendo realizada tanto por instituições públicas quanto instituições privadas (Rezende & Pereira, 1988).

Existem vários métodos que analisam as séries temporais. Serão mostradas diferentes abordagens e suas particularidades no tratamento de séries temporais. A intenção é mostrar de forma breve e sucinta algumas técnicas que são utilizadas para modelar e analisar as séries temporais que serão descritas a seguir.

O método da média móvel centrada em 12 meses é o mais utilizado pela literatura clássica para obter os índices estacionais. Hoffmann (2002) e Silva & Pereira (1981) utilizaram o método da média geométrica móvel e Rezende & Pereira (1988) utilizaram o método da média aritmética móvel, ambos os métodos para obter os índices estacionais.

Contudo, os dois métodos geram modelos semelhantes tanto para o ajuste da equação de tendência, quanto para o intervalo de confiança, cujos métodos chegam a resultados bem próximos (Hoffmann, 2002). A seguir serão apresentados alguns estudos clássicos envolvendo o setor de carvão vegetal.

O sistema de comercialização do carvão vegetal é bastante precário, o que ocasiona grande instabilidade dos preços. Na época da escassez, tanto pela expansão da produção de gusa quanto pelas dificuldades de se conseguir a matéria-prima, há uma disputa entre os consumidores, cada qual atuando livremente, o que ocasiona grandes elevações nos preços.

O conhecimento das flutuações de preços leva à utilização de serviços de armazenagem como fonte alternativa de lucros, que, quando são mínimos, indicam que o mercado está atuando eficientemente. Isto ocorre porque a

3.3.4.3 Previsão

Após o término do processo iterativo de identificação, estimativa e checagem do diagnóstico, o qual proporciona uma estimativa do modelo da série que se ajusta aos dados da realidade, pode-se utilizá-lo para prever valores futuros da variável.

Os processos de previsão com modelos de séries de tempo são procedimentos que visam a estender a valores futuros o modelo descrito e ajustado aos valores passados e ao valor presente da variável. Portanto, a previsão se torna o cálculo do valor esperado de uma futura observação, condicionada aos valores passados e ao valor presente da variável.

3.3.5 Aplicações das Análises de Séries Temporais no Carvão Vegetal

Os estudos econômicos utilizam séries temporais discretas, cujas observações são geradas em um intervalo de tempo constante. As séries de tempo de um bem econômico podem avaliar a produção, os preços, os estoques, ações na bolsa de valores, etc. No caso do carvão vegetal, há a necessidade tanto da oferta quanto da demanda de se ter um bom conhecimento do mercado deste produto. As pesquisas nesse campo são, contudo, em número aparentemente modesto e pouco diversificado, concentrando-se em estimativas econométricas de parâmetros de mercado e em análises de séries temporais.

O comportamento dos preços do carvão vegetal se defronta com o comportamento dos preços de bens industriais, determinado como demanda induzida. Há grande variabilidade de preço, motivada pelas oscilações na produção do carvão vegetal nas estações do ano, principalmente na época chuvosa, o que contribui para a redução na quantidade ofertada.

Geralmente, a produção de carvão vegetal e produtos agrícolas, que dependem das condições edafoclimáticas, caracterizadas por grande

instabilidade e variações estacionais, difíceis de estabelecerem o equilíbrio entre a oferta e demanda, conseqüentemente, oscila os preços no mercado ao longo do ano. No caso dos produtos agrícolas e florestais, uma série de estudos já vem sendo realizada tanto por instituições públicas quanto instituições privadas (Rezende & Pereira, 1988).

Existem vários métodos que analisam as séries temporais. Serão mostradas diferentes abordagens e suas particularidades no tratamento de séries temporais. A intenção é mostrar de forma breve e sucinta algumas técnicas que são utilizadas para modelar e analisar as séries temporais que serão descritas a seguir.

O método da média móvel centrada em 12 meses é o mais utilizado pela literatura clássica para obter os índices estacionais. Hoffmann (2002) e Silva & Pereira (1981) utilizaram o método da média geométrica móvel e Rezende & Pereira (1988) utilizaram o método da média aritmética móvel, ambos os métodos para obter os índices estacionais.

Contudo, os dois métodos geram modelos semelhantes tanto para o ajuste da equação de tendência, quanto para o intervalo de confiança, cujos métodos chegam a resultados bem próximos (Hoffmann, 2002). A seguir serão apresentados alguns estudos clássicos envolvendo o setor de carvão vegetal.

O sistema de comercialização do carvão vegetal é bastante precário, o que ocasiona grande instabilidade dos preços. Na época da escassez, tanto pela expansão da produção de gusa quanto pelas dificuldades de se conseguir a matéria-prima, há uma disputa entre os consumidores, cada qual atuando livremente, o que ocasiona grandes elevações nos preços.

O conhecimento das flutuações de preços leva à utilização de serviços de armazenagem como fonte alternativa de lucros, que, quando são mínimos, indicam que o mercado está atuando eficientemente. Isto ocorre porque a

estocagem deve ser empregada até o ponto em que seu custo marginal iguale ao aumento esperado no preço da mercadoria armazenada.

O primeiro estudo sobre variações estacionais para o carvão vegetal foi realizado por Silva & Pereira (1981), utilizando como instrumento auxiliar a política de compra e venda no mercado entre produtores e consumidores. Analisando as séries temporais dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, no período de 1975 a 1980, utilizando-se o método da média geométrica móvel centrada em 12 meses que pode ser representada

$$Gi = \sqrt[12]{P_{i-6}^{0,5} * P_{i-5} * \dots * P_i * \dots * P_{i+5} * P_{i+6}^{0,5}}$$

sendo, G_i a média geométrica móvel centrada de doze meses e i o mês em que centraliza a média.

Na forma logarítmica, a expressão seria

$$Gi = \frac{1}{12}(0,5 \log P_{i-6} + \log P_{i-5} + \dots + \log P_i + \dots + \log P_{i+5} + \log P_{i+6} + 0,5 \log P_{i+6})$$

Os índices estacionais (IE) são obtidos pela divisão de P_i pelas respectivas médias geométricas centralizadas, G_i , multiplicadas por 100:

$$IE = \frac{P_i}{G_i} * 100$$

para estimar índices de variação estacional, encontrando os preços reais máximos, que ocorrem de abril a agosto, quando começam a cair e atingem o mínimo em dezembro, com amplitude de variação em torno de 8% da média anual.

Teixeira (1982) estimou a função de oferta de mercado de carvão vegetal, aplicando o método dos mínimos quadrados ordinários às séries temporais, utilizando um modelo simples de oferta do produto, no qual as variáveis consideradas foram a produção corrente, preços correntes, produção

defasada, preço defasado, estacionariedade e tendência, e concluiu que a oferta desse produto é relativamente inelástica quanto aos preços.

Silva (1982) analisou o padrão de estacionariedade dos preços de carvão vegetal para identificar o período ótimo para estocagem do carvão. O processo da produção do carvão vegetal se estende durante as três quartas partes do ano, ao passo que o consumo na siderurgia é mais ou menos estável. O armazenamento cria oportunidade de lucros positivos com a atividade de estocagem para os produtores e intermediários.

Bernades (1987) analisando o mercado de carvão nativo na região de Sete Lagoas – MG, período de 1979 a 1986, notou uma tendência cíclica nítida nesse mercado ao médio prazo, ou seja, num período de 17 meses.

Rezende et al. (1988) repetiram o estudo de Silva & Pereira (1981) com uma série de preços mais recentes, período 1981 a 1986, utilizando o método da média aritmética móvel e encontrou índice sazonal máximo em maio e mínimo em outubro, com amplitude de variação em torno de 11%.

Silva & Silva (1996) aplicaram o método de Box & Jenkins à série de preço do metro cúbico de carvão vegetal em Minas Gerais, no período de janeiro de 1980 a dezembro de 1992. O objetivo foi verificar, entre metodologias já estudadas no carvão vegetal, qual fornece o melhor modelo. Concluindo que a metodologia Box & Jenkins forneceu melhor ajuste que os outros métodos testados. O melhor modelo ajustado foi um ARIMA (1,1,1), mas não conseguiram identificar os efeitos da sazonalidade.

É de grande importância o conhecimento das causas das variações dos preços. As análises estatísticas aplicadas a séries temporais permitem estimar as tendências e as variações sazonais dos preços, o que possibilita estruturar de maneira racional a tomada de decisão. O conhecimento da variação dos preços permite aos produtores selecionar seus empreendimentos, dimensionar suas

vendas e planejar o volume de seus estoques. Para o governo, é de fundamental importância conhecer essas variações, para planejar sua política de preços.

3.4 O Processo Inflacionário e a Dolarização

3.4.1 Inflação e Indicadores Econômicos

A inflação pode ser conceituada como um fenômeno macroeconômico, dinâmico e de natureza monetária, caracterizado por uma elevação apreciável e persistente do nível geral de preços. Em virtude do caráter inflacionário dos preços não alcançarem apenas um conjunto restrito, mas todos os grupos, categorias ou classes de fatores de produção, bens e serviços finais, normalmente transacionados na economia, também são afetados (Lopes & Rossetti, 1998).

Para medir este processo inflacionário são utilizados os indicadores de inflação. Geralmente, os indicadores refletem com maior ou menor exatidão a magnitude da evolução dos preços, à medida que seu cálculo houver sido fundamentado em número maior ou menor dos fatores e de produtos, devidamente ponderados com base em sua importância relativa na economia considerada (Lopes & Rossetti, 1998).

Cabe ainda observar que não há apenas um indicador de inflação, mas vários, sendo que cada um possui bases diferentes e locais de amostragem diferentes para os critérios de cálculos.

Os principais indicadores econômicos, seus critérios de cálculo e sua utilização para medir a inflação no Brasil, são:

O Deflator implícito do PIB é um índice obtido pela agregação ponderada dos índices de variação dos preços calculados para os diferentes setores da economia. Resulta da média ponderada dos seguintes índices: agricultura, com peso 1,52; indústria, 5,38; comércio, 2,33; transportes e

comunicações, 0,77. O cálculo da variação real do PIB e dos principais agregados macroeconômicos é o que compõe as contas nacionais.

O Índice Geral de Preço (IGP) é resultante da média ponderada de índices mais específicos de variação de preços. O cálculo do IGP resulta da média ponderada dos índices de preços por atacado, com peso 6,0; custo de vida no RJ, 3,0; e o custo da construção civil no RJ, 1,0. Este índice é calculado pela Fundação Getulio Vargas e pode ser dividido em:

IGP-DI (Disponibilidade Interna): a coleta de preço é feita entre o primeiro e o último dia do mês; IGP-M (Mercado): é calculado entre os dias 21 do mês anterior e 20 do mês corrente. Este indicador econômico define a evolução geral de preços de uma economia do país. É utilizado como parâmetro para correção de séries temporais, para os quais não existam índices específicos.

Índice de Preço por Atacado (IPA) é resultante da média ponderada de índices de variação de preços nos mercados atacadistas. Geralmente englobam índices de preços de bens de consumo, bens de produção, de produtos agrícolas e de produtos industriais. Sua ponderação é feita segundo a importância dos grupos de cestas na economia. O IPA é utilizado para definir a evolução dos preços por atacado e serve como parâmetro de correção de valores das atividades dos diferentes ramos considerados.

Índice de Preços ao Consumidor (IPC): é resultante da média de índices relativos de preços de diferentes categorias de bens e serviços, ponderados segundo cada categoria na despesa total de cada unidade familiar padrão. O IPC é construído com base nos orçamentos familiares das classes de renda média ou baixa. É um parâmetro indicador dos efeitos da inflação no orçamento familiar de diferentes extratos sócio-econômicos e é básico para as negociações de correção de salários.

3.4.2 Dolarização

A conversão da moeda é uma prática que os países de economias emergentes têm para resolver os crônicos problemas de seu processo inflacionário. A dolarização diz respeito a dois processos que não devem ser confundidos. O primeiro é a fuga de riqueza para as moedas estrangeiras provocada pelo fato de os ativos domésticos não desempenharem adequadamente a função de reserva de valor que a moeda não é mais capaz de cumprir. O segundo é a indexação dos preços e salários fixados pela taxa de câmbio, o que ocorre de forma natural em economias muito abertas, ou de forma induzida e, geralmente, imperfeita em economias em que os indexadores domésticos não são confiáveis. No fundo, a indexação pelo dólar significa que a moeda doméstica perde também sua função de unidade de conta, apenas restando a sua função como meio de pagamentos. E de acordo com Franco (1991):

“Em qualquer economia experimentando a inflação alta, a prática da indexação, formal ou informal, é bastante disseminada, o que expressa em última instância, o fato que os agentes econômicos não padecem de ilusão monetária. O modo em que a indexação é praticada, ou seja, o modo pelo qual os agentes econômicos identificam valores reais a partir de valores nominais, é, no entanto, bastante variado.”

Nota-se esta situação no presente estudo, em que os preços de carvão vegetal atrelado à tonelada de ferro-gusa (cotado pelo mercado internacional) foram indexados ao dólar através da taxa de câmbio no período da inflação entre 1988 e 1997, publicados pelo anuário estatístico da ABRACAVE.

A taxa de câmbio é que estabelece o parâmetro para as operações de compra e venda do comércio internacional e as operações financeiras. Atualmente, correspondente ao dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) a preço de venda. É o referencial cambial mais

comum do mercado financeiro, embora as pessoas físicas e jurídicas não compreem este tipo de dólar. O dólar comercial americano chamada “de venda” é o valor que o Banco Central está cobrando para vender dólar. O dólar comercial americano chamada “de compra” é o valor pago para comprar. Muitos estudos convertem a moeda nacional por dólar, mas esquecem que a moeda dos Estados Unidos também sofre inflação ou deflação.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAVE. Anuário estatístico, Belo Horizonte, 1976 - 2003.

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

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

AZZONI, C. R. Aspectos do Financiamento do Setor Siderúrgico no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 12., 1984, São Paulo: Anais... São Paulo: ANPEC, 1984. CD-ROM.

BERNARDES, P. Análise do Comportamento de Preço de Carvão Vegetal Nativo. Encontro Técnico Florestal. 3., 1987, Montes Claros, Anais... Montes Claros-MG:

BLOOMFIELD, P. **Fourier Analysis of Times Series: an Introduction.** New York: John Wiley, 1976.

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

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, 1509 – 1526 p. Dec. 1970.

BRASIL. Conselho de Desenvolvimento Econômico. **Programa de Nacional de Celulose e Papel**. Brasília, 1974, p. 56.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional**. Brasília: 2002. 200p.

BRUNTLAND (1987). **O nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1988. 430 p.

CANO, W. Migrações, desenvolvimento e crise no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 26., 1996, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia – SP: ANPEC, 1996. CD-ROM.**

CARVALHO, J. C. Gestão Florestal em Minas Gerais. In: LOPES, I.V. et al. (Org.) **Gestão Ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2000. 127-154 p.

CARVALHO, O.; VIANA, O. Ecodesenvolvimento e equilíbrio ecológico: algumas considerações sobre o Estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, vol. 29, n. 2, 1998.

COMUNE, A. E.; MARQUES, J. F. **Economia do meio ambiente: Aspectos teóricos**. 2. ed., Campinas – SP: Campus IE, 1999.

FIDELLINI, A. **Economia do Setor Público**. São Paulo: Atlas, 1994.

FISCHER, S. **Séries Univariantes de Tempo Metodologia de Box e Jenkins**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p.

FRANCO, G. Dolarização: Mecanismo, Mágicas e Fundamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 14., Curitiba. **Anais... Curitiba - PR: ANPEC, 1991. CD-ROM.**

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Conjuntura Econômica**. Rio de Janeiro: IBRE, 1971.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 23. ed. São Paulo: Nacional, 1989. 248 p.

FURTADO, C. **O Mito do Desenvolvimento Econômico**. 6. ed. São Paulo – SP: Paz e Terra, 1983. 117 p.

GIAMBIAGI, F. Ajustamento energético, substituição de importações e endividamento externo: Uma avaliação do caso brasileiro pós-1973. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 13., 1985. Vitória. **Anais...** Vitória – ES: ANPEC, 1985. CD-ROM.

GREMAUD, A. P.; VASCONCELLOS, M. A. S.; TONETO JR., R. **Economia Brasileira Contemporânea**. 3. ed., São Paulo-SP: Atlas, 1999.

GUERRA, C. **Meio ambiente e trabalho no mundo do eucalipto**. 2. ed., Belo Horizonte: Agência Terra, 1995, 143 p.

HOFFMANN, R. **Estatística para Economistas**. 3. ed. rev. Ampl. São Paulo – SP: Pioneira Thomson Learning, 2002, 430 p.

KENGEN, S. A política florestal brasileira: uma perspectiva histórica. **Trabalhos Convidados: IPEF**, 2001. 16-34 p.

LACERDA, A. C. et al. **Economia brasileira**. São Paulo: Saraiva, 2000.

LIMA, W. de P. **Impactos da cultura do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: editora da Universidade de São Paulo, 1993.

LIMA, W. de P. Reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL. 3., Montes Claros. **Anais...**, Montes Claros-MG. 1987.

LOPES, J. C. & ROSSETTI, J. P. **Economia monetária**. 7. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Atlas, 1998. 494 p.

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

OPEC. **Annual statistical bulletin 2002**. Disponível em <www.opec.org>. Acesso em: 20 nov. 2003.

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

PAULA, R.Z.A. Indústria em Minas Gerais: Origem e Desenvolvimento. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA. 10., 2004, Diamantina. Disponível em: <www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/textos/d13.pdf>. Acesso em: 17 de jan. 2004.

PREBISCH, R. O desenvolvimento econômico da América Latina e seus principais problemas. **Revista Brasileira de Economia**. Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, p. 47-111, set. 1949.

RATTNER, H. **Liderança para uma sociedade sustentável**. São Paulo - SP: Nobel, 1999.

REIS, M. S.; CARNEIRO, C. M. R. Considerações sobre as Atividades do Setor Florestal Brasileiro. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 52, p. 7-18, out./dez. 1982.

RESENDE, M. F. C.; TEIXEIRA, J. R. **Competitividade, vulnerabilidade e crescimento na economia brasileira: 1978/2000**. Brasília, 2001. (Texto para Discussão, n. 844).

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; OLIVEIRA, A. D. A Economia Florestal Mineira *vis-à-vis* A Economia Florestal Brasileira. SIMPÓSIO DE SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS. **Anais... Lavras-MG: UFLA, 2002.**

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

REZENDE, J. L. P.; PAULA Jr., 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. **Anais... Belo Horizonte-MG, UFV/SIF: 1987.**

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, v. 12, n. 2, p. 146-155, 1988.

RIANI, F. **Economia do Setor Público: Uma Abordagem introdutória**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

SBS. **Aspectos sócio-econômicos do setor florestal em 2001**. Disponível em: <www.sbs.org.br>. Acesso em: 21 set. 2002.

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

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". **Rev. Arvore**, Viçosa: vol. 20 (1) : 57-67, 1996.

SILVA, O. M. Período ótimo de estocagem de carvão vegetal. **Silvicultura**, São Paulo, v. 7, n. 23, p. 62, 1982 (Edição especial).

SILVA, O. M. & PEREIRA, A. R. Variação estacional dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais. **Revista Arvore**, Viçosa: v.5, n.2, p. 125-34, jul./dez. 1981.

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

TEIXEIRA, H. H. L. Estrutura de oferta de carvão vegetal. **Silvicultura**, São Paulo, v.7, n.23, p. 62, 1982 (Edição especial).

VALENTE, O.F. Carbonização de madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 12, n. 141, 74-82 p., set. 1986.

VARIAN, H.R. **Microeconomia: Princípios básicos**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

VASCONCELLOS, M. A. S. & OLIVEIRA, R. G. de. **Microeconomia**. São Paulo: Atlas, 1996.

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

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

CAPITULO 2

1 RESUMO

COELHO JUNIOR, L. M. O Preço Real do Carvão Vegetal em Minas Gerais no Período 1975 a 2003. Lavras: UFLA, 2004. Cap. 2 p. 57-84. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A energia é essencial para a satisfação das necessidades humanas. Com a evolução das máquinas, o homem passou a depender cada vez mais da energia estocada nos combustíveis fósseis, comparativamente à economia primitiva. O carvão vegetal é um termo-redutor usado nas siderúrgicas brasileiras, onde seus preços são formados num mercado oligopsônico-competitivo. Ao longo do tempo, os preços do carvão vegetal variam em função de fatores endógenos e exógenos, necessitando, portanto, de serem deflacionados para que se possa compara-los. Este trabalho analisou as variações dos preços reais do carvão vegetal, em moeda nacional; comparou e analisou o preço real do carvão vegetal com o US\$ nominal e real; e analisou comparativamente os preços reais do carvão vegetal em relação aos preços reais do petróleo. As análises foram realizadas no período de jan/1975 a dez/2002. A série de preços do carvão vegetal em moeda nacional foi deflacionada pelo IGP-DI, base ago/1994=100, e também foram convertidos em dólar americano, deflacionados pelo CPI, base 1982-84=100. Compararam-se, então, os preços reais e nominais do carvão vegetal. Concluiu-se que os preços reais do carvão vegetal em moeda nacional, ou em dólar americano, apresentaram tendência decrescente ao longo do tempo. O descontrole inflacionário, nas décadas de 80 até meados da década 90, fez com que os preços variassem muito neste período; a partir do século XXI, os preços do carvão vegetal foram mais influenciados pela taxa de câmbio; nos períodos de crise energética (petróleo), os preços do carvão vegetal sofrem grandes oscilações que, contudo, não se sustentam.

Comitê Orientador: José Luiz Pereira de Rezende (Orientador) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA.

CHAPTER 2

2 ABSTRACT

COELHO JÚNIOR, L. M. Real Price of wood charcoal prices in Minas Gerais State, in the period from 1975 to 2003. Lavras: UFLA, 2004. Chap. 2, p. 57-84. Dissertation – (Master's degree in Forestry Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.

Energy is essential for human needs satisfaction. With the evolution of machinery, man becomes more and more dependent on the energy stocked in fossil fuels, comparatively to the primitive economy. Wood charcoal is a term-reducer used in Brazilian pig iron and steel industries, and its price is formed in an oligopsonic market. Along the time, the charcoal prices vary in function of endogenous and exogenous factors, needing, therefore, to be deflated so that they can be compared. This work analyzed the variations of charcoal real prices, in national currency; compared and to analyzed the real charcoal price in nominal and real Dollar and; analyzed the real prices of charcoal, comparatively to the real oil prices. The analyses were accomplished in the period from January 1975 to December 2002. The time series of charcoal prices, in l in domestic currency were deflated using IGP-DI, considering august, 1994=100, and charcoal prices were also converted to American dollar and deflated using CPI, considering the period 1982-84=100. It was compared, then, the real and nominal charcoal prices. It concluded that the real charcoal prices in Brazilian domestic currency, or in American dollar, presented a decreasing tendency along time. The inflationary disarray, in the 80 decade and the first half 90 decade, provoked big price variation in period; from the begging the XXI century, charcoal prices were more influenced by the exchange rate; in the energy crisis period, charcoal prices suffered big changes that, however, did not persisted along time.

Guiding committee: José Luiz Pereira de Rezende (Advisor) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA

3 INTRODUÇÃO

A energia é essencial para a satisfação das necessidades humanas. Ao longo dos séculos, o homem aprendeu a utilizar as fontes energéticas disponíveis na natureza, no entanto, a evolução da humanidade se constitui, paralelamente, ao crescimento do consumo energético (Rovere, 1996). Com a evolução das máquinas, a produção de bens e serviços passou a depender cada vez mais da energia estocada dos combustíveis fósseis, formados em outras eras geológicas, comparativamente ao fluxo de energia solar que indiretamente sustentava a economia primitiva.

A situação energética mundial continua a ser dominada pelos combustíveis fósseis. O impacto do crescimento econômico e demográfico é atenuado por uma diminuição da intensidade energética, ocasionada pelos efeitos combinados das mudanças econômicas estruturais, do progresso tecnológico e dos aumentos do preço da energia.

O petróleo é a principal fonte de energia. A elevação de seus preços até um certo patamar viabiliza a pesquisa e a utilização de energias alternativas, mais limpas e renováveis, como a energia hidrelétrica, eólica, solar, biomassa (carvão vegetal e álcool), células de hidrogênio, geotérmica etc.

A atividade siderúrgica nacional incorpora, em seu processo produtivo, a energia a carvão vegetal, usado como termo-redutor. O preço do carvão vegetal é formado pela demanda das indústrias siderúrgicas e pela oferta dos produtores independentes, portanto, em um mercado oligopsônico-competitivo (respectivamente).

Como o preço do carvão vegetal não é constante e o poder de comprar varia em diferentes momentos, é necessário ajustar seus valores para que se possa compará-los ao longo do tempo. Os indicadores econômicos são utilizados para fazer estas comparações. Os mesmos índices de inflação que servem como

indexadores de reajuste nos contratos de aluguel, servem para medir as variações longitudinais sofridas pelos preços dos bens e serviços disponíveis na economia.

A conversão da moeda é uma prática que os países emergentes têm como base, para resolver os crônicos problemas de seu processo inflacionário. Contudo, a dolarização diz respeito a dois processos que não devem ser confundidos, sendo a fuga de riqueza para as moedas estrangeiras e a indexação dos preços e salários fixados pela taxa de câmbio (Franco, 1991) .

O processo de dolarização ocorreu em vários países latino-americanos, onde a moeda doméstica foi substituída pela moeda estrangeira (o dólar americano). Na economia brasileira, em virtude do sistema de indexação e da sofisticação do setor financeiro, a moeda indexada substituiu a moeda doméstica como reserva de valor, enquanto a moeda doméstica continuou desempenhando sua função tradicional de meio de troca.

Apesar de muitos estudos adotarem a conversão de moeda como parâmetro de comparação das séries econômicas, esquecem que mesmo em uma economia estável como a dos Estados Unidos há perda no poder de compra “inflação”, o que torna necessário o uso do deflator ara o dólar.

Como não existem estudos que relatem as variações do preço do carvão vegetal em relação ao dólar real americano ou com os preços reais do petróleo, que é considerado como insumo energético básico, este trabalho procura preencher estas lacunas.

4 OBJETIVOS

Este trabalho analisou e caracterizou a evolução dos preços reais do carvão vegetal, comparou estes preços com os preços reais do petróleo, no período de 1975 a 2002 e analisou os efeitos dos planos econômicos e das crises do petróleo. Os objetivos específicos foram:

- Analisar as variações dos preços reais do carvão vegetal, em moeda nacional, no período de 1975 a 2002;
- Comparar e analisar o preço real do carvão vegetal com o US\$ nominal e real no período de 1975 a 2002;
- Analisar os efeitos dos planos econômicos e das crises do petróleo sobre os preços reais do carvão vegetal;
- Analisar o preço nominal e real do petróleo no período de 1975 a 2002, e;
- Analisar, comparativamente, os preços reais do carvão vegetal com os preços reais do petróleo.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Os preços médios mensais pagos por metro cúbico de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, no período de janeiro de 1975 a dezembro de 2003, foram obtidos dos Anuários Estatísticos da ABRACAVE (1976-2003), hoje, Associação Mineira de Silvicultura (AMS). Os preços do barril de petróleo foram obtidos do Anuário Estatístico da Organização dos Países exportadores de Petróleo (OPEC), disponível no site <http://www.opec.org>. O indicador econômico brasileiro utilizado foi o IGP-DI, disponível no site <http://www.ipeadata.gov.br>. O indicador econômico americano utilizado foi o CPI, disponível no site <http://www.bls.gov/cpi>.

A inflação expressa o aumento médio de preços de uma economia ou de segmentos desta economia, provocando uma perda do poder aquisitivo da moeda. Os índices de inflação servem também como indexadores de reajuste nos preços do carvão vegetal.

O Brasil, entre 1975 a 2002, experimentou cinco mudanças em sua 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, 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 2.750 Cr\$/R\$, enquanto a de URV para Real foi de um para um, conforme a Tabela 2.1.

Os preços do carvão vegetal contido nos anuários estatísticos da ABRACAVE estão cotados na moeda nacional vigente à época ou em dólar, sendo, portanto, necessário converter para apenas uma moeda para que se possa aplicar o indicador econômico.

TABELA 2.1 - Padrões Monetários anteriores ao Real

Padrão Monetário	Data do Lançamento	Taxa de Conversão
Cruzeiro (Cr\$)	15.05.1970	Cr\$ 1.000,00 = Cz\$1,00
Cruzado (Cz\$)	28.02.1986	Cz\$ 1.000,00 = NCz\$1,00
Cruzado Novo (NCz\$)	16.01.1989	NCz\$ 1,00 = Cr\$1,00
Cruzeiro (Cr\$)	16.03.1990	Cr\$ 1.000,00 = CR\$1,00
Cruzeiro-Real (CR\$)	01.08.1993	CR\$ 2.750,00 = R\$1,00
Real (R\$)	01.07.1994	-

Fonte: BACEN, 2003.

Assim, os preços nominais mensais do carvão vegetal foram convertidos pela média ponderada do dólar americano comercial, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) a preço de venda e depois deflacionados pelo Indicador econômico americano para se encontrar o US\$ real. O indicador utilizado no presente estudo foi o *Consumer Price Index* (CPI) e suas principais características são: é o índice de inflação americana que mede a mudança média dos preços pagos por consumidores urbanos por uma cesta no mercado consumidor de bens e serviços. O cálculo das cestas do CPI são desenvolvidas com informações detalhadas das despesas fornecidas pelas famílias e de indivíduos que compraram realmente tais produtos. Este índice é calculado pelo Bureau of Labor Statistics que classifica todos os artigos da despesa em mais de

200 categorias, arranjadas em oito grupos principais: Alimentos e bebidas; Moradia; Vestuário; Transporte; Saúde; Recreação, Educação e Comunicação; e outros bens e serviços.

A fórmula para calcular o preço real do carvão vegetal é dada por:

$$P_r = \frac{P_n}{Índice} * 100$$

onde

P_r = Preço Real,

P_n = Preço Nominal ou corrente,

$Índice$ = Indicador Econômico.

Para mudar a base de comparação da série de preços do carvão vegetal, gerando uma ou mais séries com base igual a 100 no mês determinado pelo usuário, fez-se o seguinte cálculo:

$$P_{rmt} = \frac{P_{nk} * P_{rt}}{P_{rk}},$$

sendo

P_{rmt} = Preço real da base modificada no período t ,

P_{nk} = Preço nominal no período k (período para a nova base = k),

P_{rt} = Preço real no período t ,

P_{rk} = Preço real no período k .

O período base para o cálculo dos números índices foi 1982-84=100 e, para mudança de base, foi escolhida o mês de agosto de 1994=100. Deve-se evitar os “anos anormais”, isto é, períodos com guerras, recessões e crises econômicas que podem distorcer os valores reais ou deflacionados. Os períodos escolhidos apresentam as características necessárias (Hoffmann, 2002).

Em seguida, os preços médios mensais do carvão vegetal foram transformados em médias anuais e deflacionados pelo CPI, para comparar com o preço anual do petróleo publicado pela OPEC. A intenção foi comparar os preços do metro cúbico de carvão vegetal com o preço do barril de petróleo ao longo do tempo, sem considerar seus poderes energéticos ou caloríficos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os preços reais do carvão vegetal da série em estudo, em moeda nacional, são apresentados na Figura 2.1. Como a série é de 28 anos (Tabela 1 do anexo) e, neste período, ocorreram várias reformas monetárias, ou seja, mudanças de moeda, já mostrada na Tabela 2.1, os respectivos preços reais do carvão vegetal foram convertidos para apenas uma moeda o Real (R\$). Estas mudanças de moeda tornam quase inútil mostrar os valores nominais ao longo do tempo.

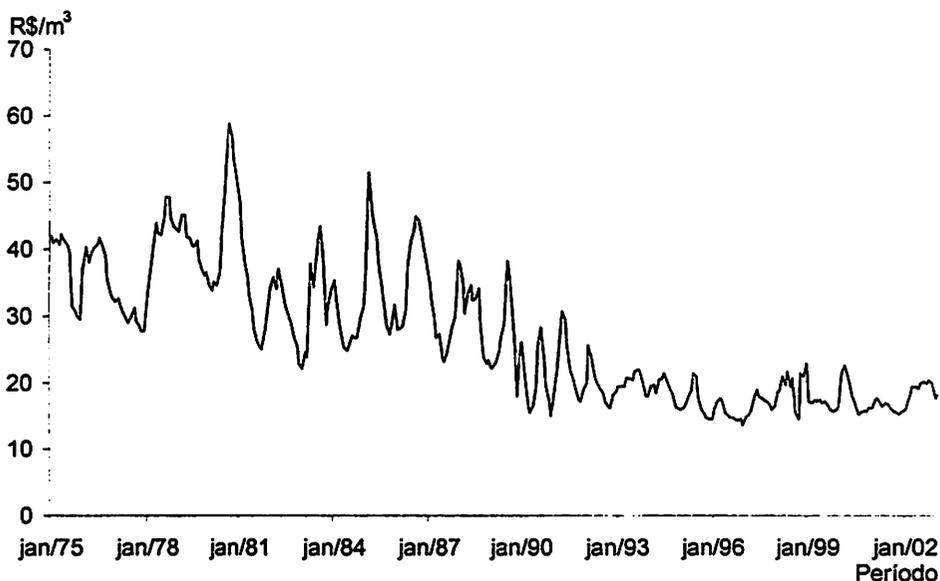


FIGURA 2.1 - Comportamento dos preços reais do metro cúbico de carvão vegetal no período 1975 a 2002 (IGP-DI, Base ago/1994=100).

Para verificar a diferença entre preço real e preço nominal do carvão vegetal utilizou-se a moeda americana (dólar). A série como um todo, Figura 2.2, mostra que os preços reais do metro cúbico de carvão vegetal vêm caindo ao longo do tempo. Este fato de que os valores reais caem ao longo do tempo é devido a inflação, ou seja, é perda do poder de compra da população de um determinado país e, ou, região devido ao aumento de preços dos produtos consumidos em que índices de inflação são calculados num período pré-determinado.

Para se estudar melhor as variações de preços do carvão vegetal, ao longo do tempo, estes serão segmentados por períodos menores e discutidos a seguir.

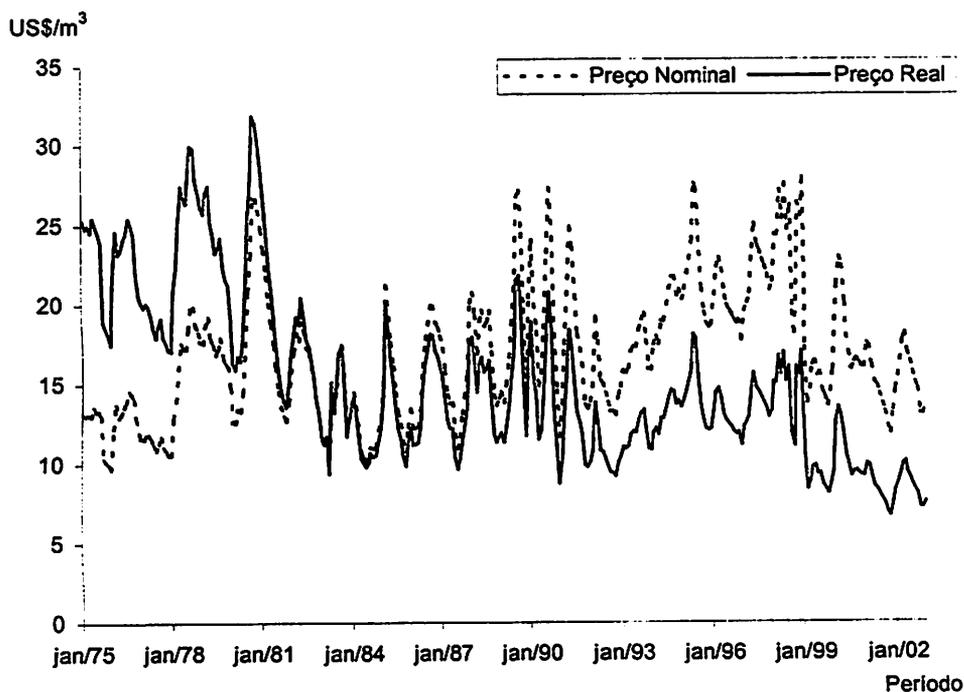


FIGURA 2.2 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal (US\$/m³) no período de 1975 a 2002, (CPI base 1982-1984=100).

O II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) foi elaborado 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. Através 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.

Em 1976, 10% do consumo do carvão vegetal já era constituído de florestas plantadas do gênero *Eucalyptus spp.* incentivados pela Política de Incentivos Fiscais de 1965. Em agosto de 1976, o preço real do metro cúbico de carvão chegou a US\$ 25,08. Após este período ocorreu queda significativa, chegando ao piso de US\$ 17,09 em dezembro de 1977, 68,14% inferior ao preço do carvão vegetal praticado em agosto de 1976, o que pode ser visto na Figura 2.3.

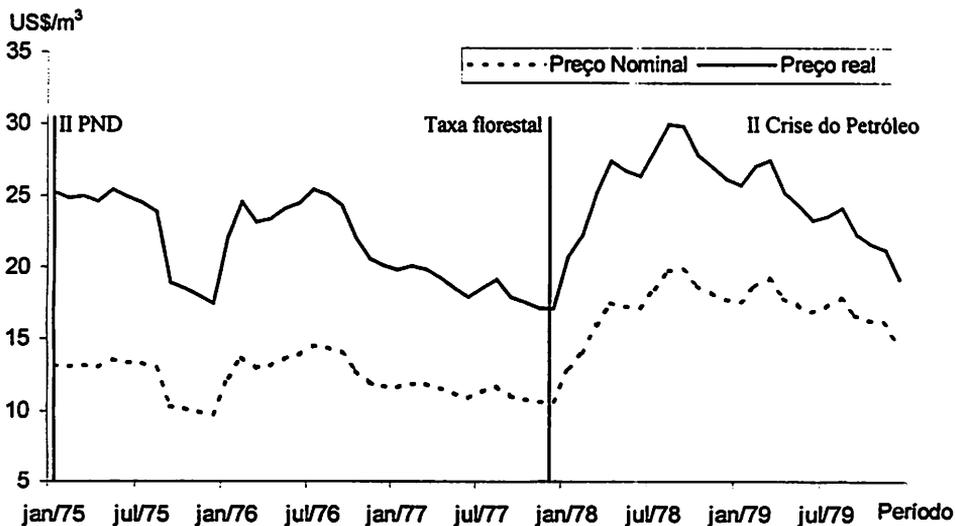


FIGURA 2.3 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal (US\$/m³) no período de 1975 a 1979, (CPI base 1982-1984=100).

A maioria das siderurgias a carvão vegetal concentra-se no Estado de Minas Gerais. O governo estadual promulgou a Lei Estadual 7.163 de 19 de dezembro de 1977, que alterou a legislação sobre a Taxa Florestal. O mercado respondeu com um acréscimo gradativo nos preços do carvão vegetal, que chegou a 75,37% no preço, em agosto de 1978, isso as vésperas da 2ª crise do petróleo.

O mercado não respondeu imediatamente aos efeitos da taxa florestal e o consumo de carvão vegetal, em 1978, foi de 15.150.000 m³, apenas 0,66% inferior ao ano de 1977. Fortes influências, contudo, desta taxação foi sentida pelas usinas integradas havendo uma redução 2,5% da produção de ferro gusa. Mas, não pode se esquecer que a prioridade do governo, à época, era a geração de energia.

O governo conseguiu controlar o preço do mercado de carvão vegetal via reflorestamentos incentivados estimulando o aumento da oferta de lenha, conseqüentemente, o preço do carvão vegetal caiu a US\$ 15,93 em fevereiro de 1980.

A partir do final da década de 70, o país passa a enfrentar sérias dificuldades, principalmente, de financiamento, comprometendo a sua capacidade produtiva devido ao choque dos juros e a segunda crise do petróleo, o que favoreceu a utilização do carvão vegetal nas indústrias bases.

A economia internacional sofre, em 1979, mais um choque do petróleo levando ao declínio do desempenho econômico mundial que se prolonga até 1981.

O otimismo de crescimento que se fez sentir até o II PND, mesmo com a economia em processo de retração, não seguiu adiante nos planos econômicos seguintes na década de 80, também conhecida como “Década Perdida”. A partir do III Plano Nacional de Desenvolvimento (III PND) (1979) os surtos de inflação, anos de depressão e os “choques heterodoxos” juntou-se à perda da

qualidade do processo de planejamento, conseqüentemente, houve deterioração da economia como um todo, exaurindo o clima de “euforia desenvolvimentista” dos PND’s anteriores.

O III PND elaborado em 1979 foi projetado para os períodos entre 1980 a 1985, embora tenha sido interrompido já no segundo semestre de 1980. Este plano pouco se diferenciava dos PND’s anteriores. Seguindo o Pensamento Cepalino, no início da década de 80, consolidava o processo de substituição de importações, devido aos benefícios fiscais em infra-estrutura, agricultura e reflorestamento.

Mas, as indústrias que utilizavam como matéria-prima os derivados de petróleo, devido aos altos preços, foram prejudicadas. Já as indústrias a carvão vegetal sofreram menos influência, mas devido ao aumento da demanda de carvão vegetal, cujos preços, num curtíssimo prazo, subiram de US\$ 15,93, em fevereiro de 1980, para US\$ 31,85 em setembro de 1980, aumentando cerca de 99,94% (Figura 2.4). Nota-se que este período, apresentado na Figura 2.4, apresentou um comportamento cíclico.

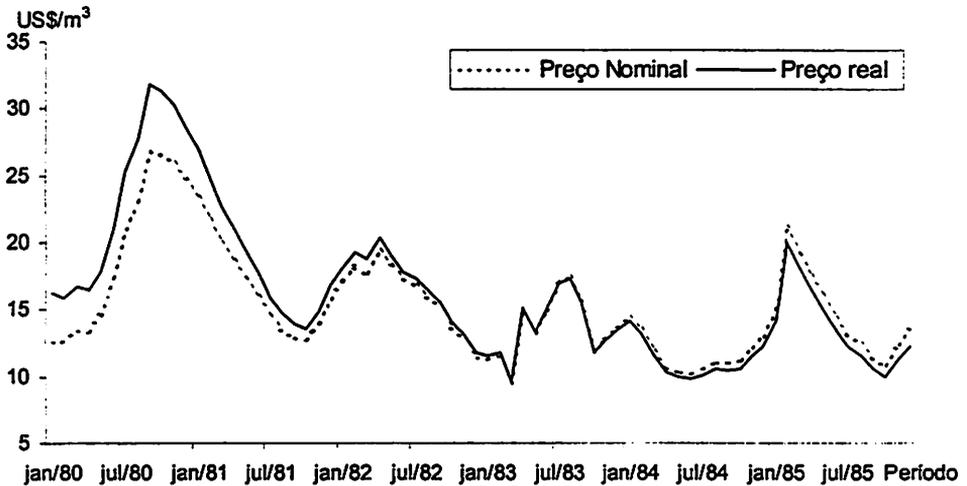


FIGURA 2.4 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal (US\$/m³), no período de 1980 a 1985 (base 1982-84=100).

Gremaud et al. (1999) consideram que o processo de ajustamento externo em busca de superávit, que iniciou em 1980 e aprofundou-se até fins de 1982, sob tutela do FMI, que visava ao pagamento da dívida externa que o país acumulou no II PND. A política adotada baseava-se na contenção da demanda agregada, para tornar a estrutura de preços relativos favorável ao setor externo, através da desvalorização cambial.

Conseqüentemente, houve uma profunda recessão do PIB e na Indústria, principalmente, entre 1981 e 1983, conforme a Tabela 2.2. Os preços do carvão vegetal, por exemplo, sofreram queda expressiva (57,30%) entre setembro de 1980 e outubro de 1981 devido a estes fatos.

TABELA 2.2 - Crescimento no período de 1980 a 1985 (Índice 1980 = 100).

Ano	PIB	Indústria	Produção de gusa a carvão vegetal	Consumo de carvão vegetal
1980	100	100	100	100
1981	95,75	91,7	88,44	94,35
1982	96,63	91,30	83,47	88,77
1983	93,81	85,91	98,22	104,35
1984	98,90	91,38	131,32	135,68
1985	106,75	99,08	138,20	141,68

Fonte: Conjuntura Econômica / ABRACAVE (1986).

Após o regime militar, em meados da década de 1980, dedicou-se ao combate a inflação como principal meta de condução da política econômica. Contudo, de 1985 até 1994, o combate a inflação e a estabilização econômica foi tentada de várias formas, com uma série de planos econômicos (Plano Cruzado, Plano Bresser, Plano Verão, Plano Collor I, Plano Collor II e Plano Real).

O Plano Cruzado, de fevereiro de 1986, foi o programa brasileiro de estabilização, que promoveu uma reforma monetária, estabelecendo o Cruzado (CZ\$) como novo padrão monetário. A taxa de conversão foi fixada em Cr\$ 1.000,00 para CZ\$ 1,00. A intenção do plano cruzado era criar uma moeda

estável, que pudesse eliminar a inflação, produzindo um “choque neutro”, mantendo-se, assim o mesmo padrão de distribuição de renda do Cruzeiro.

O Plano Cruzado obteve sucesso no curto prazo, contendo a inflação e aumentando o poder aquisitivo da população, através do congelamento de preços ao consumidor. Em fevereiro de 1986, início do Plano Cruzado, o preço do metro cúbico do carvão vegetal era US\$ 11,24. Com o plano, o país foi tomado por um clima de euforia. Cresceu o consumo em todos os extratos sociais, conseqüentemente, os preços reais do carvão tenderam a subir, aumentando 61,30%, em agosto de 86, em relação a fevereiro do mesmo ano, devido à inflação baixa, aumento da demanda e da produção de ferro gusa (Figura 2.5).

Com o aumento do poder de compra dos salários, sem o correspondente aumento da produção, as mercadorias desapareceram das “prateleiras”, os fornecedores passaram a cobrar ágio, e a inflação volta a subir.

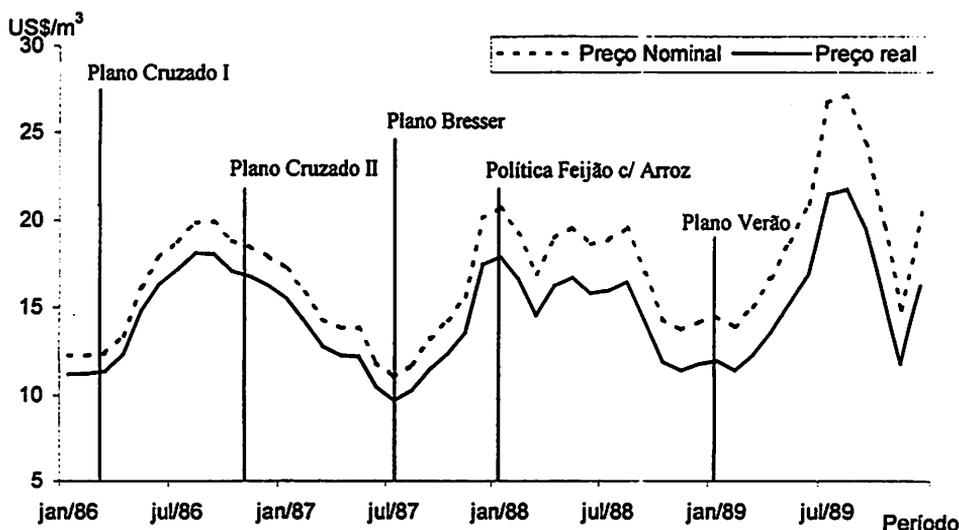


FIGURA 2.5 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal (US\$/m³), no período de 1986 a 1989 (base 1982-84=100).

O governo manteve o congelamento até as eleições, extraíndo maiores dividendos políticos do plano, mas a economia, no entanto, ficou desorganizada. A inflação voltou logo após as eleições de 1986, o Plano Cruzado II liberou os preços com a tentativa de atacar o problema fiscal, contudo, os preços voltaram a subir sistematicamente,.

Em 20 de janeiro de 1987, foi decretada moratória (suspensão de pagamento dos serviços da dívida externa), provocando aumento generalizado dos preços. A inflação disparou, e a população perdeu a confiança no governo. Conseqüentemente, os preços reais do carvão vegetal começaram a cair devido ao volume excedente ofertado no mercado, chegando a US\$ 10,45, em junho de 1987, enquanto o IGP-DI chegou a um incremento de 25,87% no mesmo período, quando o governo colocou em vigor o novo plano econômico, o Plano Bresser, a fim de conter a inflação.

Decreta-se, em junho de 1987, o congelamento de preços, aluguéis e salários por três meses. O Plano Bresser foi, a princípio, um plano mais consistente e flexível que o cruzado, conseguiu atingir alguns de seus objetivos, detendo o déficit público e a inflação, eliminando os Incentivos Fiscais aos reflorestamentos, além de aumentar tributos. Retomou-se as negociações com o FMI, suspendendo a moratória, entretanto, não se obteve resultados satisfatórios. Os preços do carvão vegetal sofreram aumento expressivo de 84,93% entre julho de 1987 e janeiro de 1988.

A política econômica do "Feijão com Arroz", adotada em janeiro de 1988, teve o intuito de conviver com a inflação sem adotar medidas drásticas, mas apenas ajustes localizados para evitar a hiperinflação. Assim, como mostra a Figura 2.5, esta estabilidade nos preços do carvão vegetal no ano de 1988, quando a política "Feijão com Arroz" manteve a inflação controlada.

O Plano Verão foi anunciado em 15 de janeiro de 1989. Foi o terceiro choque econômico e a segunda reforma monetária do Governo da época, criando

uma nova unidade monetária, o Cruzado Novo. Cortou-se três zeros do Cruzado; impõe-se outro congelamento de preços. Acabou com a correção monetária e propôs a privatização de diversas estatais e anunciou vários cortes nos gastos públicos, com a exoneração dos funcionários contratados nos últimos cinco anos. Os cortes não foram feitos, o plano fracassou e a inflação disparou. Só em dezembro de 1989, os preços subiram 53,55%. De fevereiro de 1989, ao mesmo período do ano seguinte, a inflação chegou a 2.751%.

O governo Collor, como o governo anterior, tinha como preocupação básica, o combate à inflação. A inflação estava num nível insuportável, a economia totalmente desorganizada. Lança-se o programa de estabilização denominado Plano Collor, baseado em um confisco monetário. O cruzeiro volta como unidade monetária em 16 de março de 1990, a inflação chega a 81,32% no mesmo mês, atingindo o ponto mais alto na história da economia brasileira. O preço do carvão vegetal chegou a US\$ 11,57 no mês de abril de 1990 (Figura 2.6).

Confisca-se todas as poupanças dos brasileiros que tivessem mais de 50.000 cruzeiros aplicados. Além da pretensão de eliminar a inflação, estabelece medidas para modernizar a economia e abri-la à competição internacional com a redução gradativa das alíquotas de importação. O reflexo do Plano Collor foi imediato no mercado de carvão vegetal, devido à abertura comercial, favorecendo as exportações de ferro e aço. O incremento no preço do carvão vegetal chega a 79,26%, em agosto de 1990, comparado a abril do mesmo ano.

Contudo, o governo não consegue conter a inflação e o país mergulha em um processo recessivo. A inflação volta a subir em meados de 1990. Em dezembro o índice mensal é de 19,39% e a inflação acumulada durante o ano chega a 1.198%. O preço real do carvão vegetal cai a US\$ 8,78 o metro cúbico, atingindo o nível mais baixo da história.

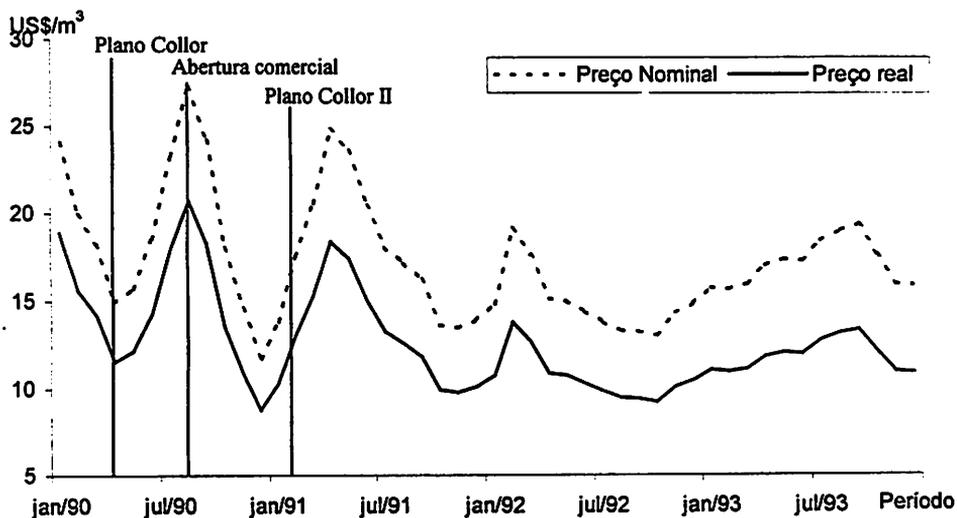


FIGURA 2.6 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal (US\$/m³), no período de 1990 a 1993 (base 1982-84=100)

Em 31 de janeiro de 1991 é decretado o Plano Collor II que não acaba com a inflação e aumenta a recessão, Tabela 2.3.

TABELA 2.3 - Crescimento, no período 1990 a 1994 (Índice 1990 = 100)

Ano	PIB	Indústria	Produção de gusa a carvão vegetal	Consumo de carvão vegetal
1990	100	100	100	100
1991	101,03	101,41	84,69	85,54
1992	100,48	98,79	79,16	78,80
1993	105,43	98,61	89,52	87,47
1994	111,60	97,44	96,56	94,09

Fonte: IPEA (2004) / ABRACAVE (1995)

As atividades econômicas, em 1993, começam a dar sinais de recuperação. A abertura do mercado para produtos importados promovidos pelo Governo obrigou as empresas brasileiras a investir na melhoria da qualidade de seus produtos e na modernização dos processos de produção. Em 1993, o PIB

crece 4,1%, depois de dois anos de queda, e a siderurgia a carvão vegetal cresce 13,07%.

Contudo, os preços reais do carvão vegetal no período de transição do governo para o vice-presidente foram controlados. É anunciado um plano de estabilização da economia, em dezembro de 1993, que descarta os choques e medidas de surpresa.

A Estabilidade da economia brasileira viria, em 1994, com o Plano Real. Foi realizada a mudança de base do índice para agosto de 1994 = 100 para atualizar os preços deflacionados para um futuro mais próximo, devido aos distúrbios abruptos da economia nacional dos períodos anteriores.

A Figura 2.7 mostra os preços reais e nominais do metro cúbico de carvão vegetal em todo o período em estudo. Com a economia estabilizada, após 1994 os valores reais ficam bem próximos dos valores nominais, mostrando que pode se fazer um planejamento com menor risco, quando se atingiu a estabilidade da moeda.

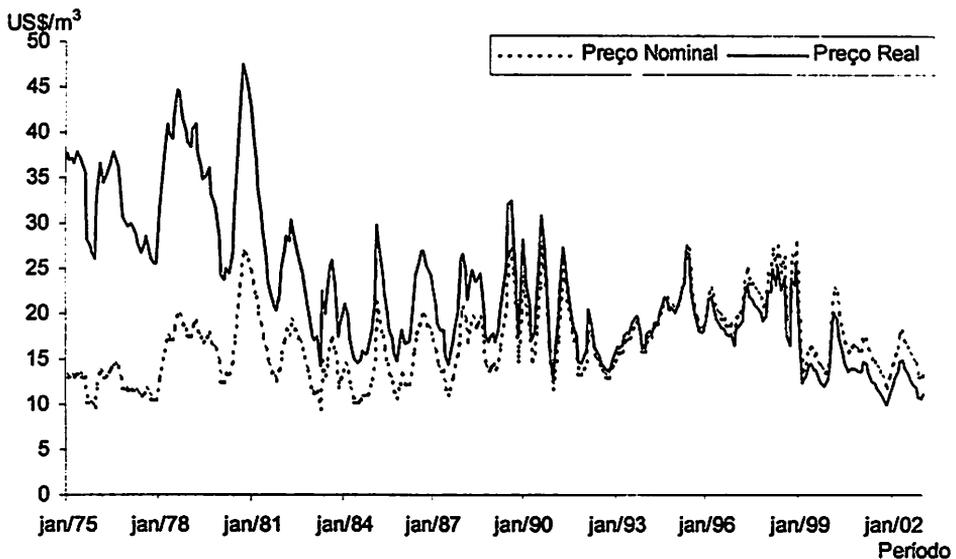


FIGURA 2.7 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal no período de 1975 a 2002 (CPI base ago/1994=100).

Em março de 1994, quando o preço do metro cúbico de carvão vegetal estava em US\$ 17,71 entra vigor a Unidade Real de Valor (URV). A URV foi uma unidade monetária que não substituiu a moeda em circulação, o Cruzeiro Real, mas que servia como referência para que os preços fossem convertidos para ela. Em Cruzeiros Reais, o novo temporário da moeda brasileira, a inflação continuava em disparada, mas, em URVs, os preços estavam fixos.

Em julho de 1994, a URV deu lugar à moeda nova, o Real. Desde a criação da URV até a introdução do Real, o carvão vegetal teve um incremento de 13,21%. O Plano Real conseguiu interromper a escalada inflacionária que começara nos anos 70. A partir de então com a indexação suprimida, o país conviveu com índices de inflação semelhantes aos dos países estáveis (Figura 5.8).

O Real ganhou a confiança da população e cortou os vínculos com a inflação passada, mas, a moeda valia mais do que deveria, ou seja, havia sobrevalorização e o governo parecia que não saber como ajustar o valor da moeda sem pôr a perder a estabilidade conquistada.

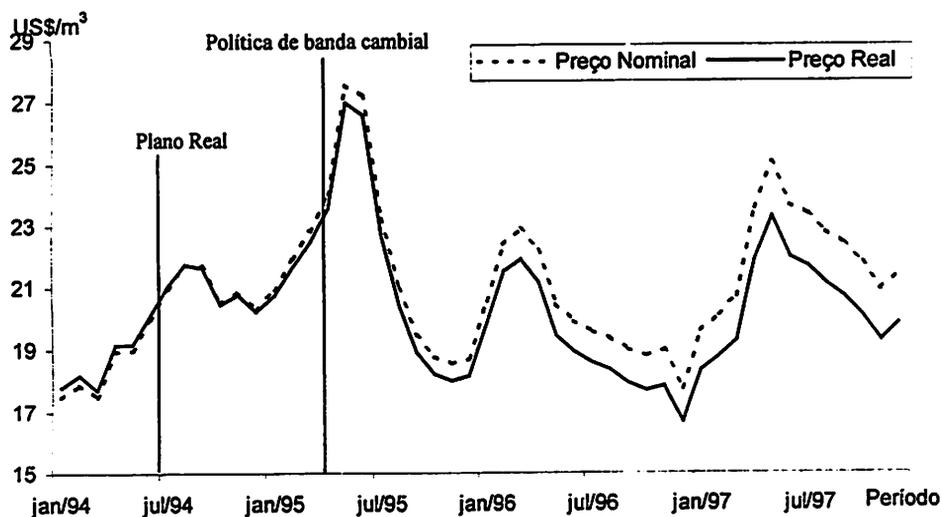


FIGURA 2.8 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal no período de jan/1994 a dez/1997 (CPI base ago/1994=100).

Em março de 1995, o Banco Central (BC) implantou o sistema de bandas para o câmbio; onde a cotação poderia variar, desde que não saísse de dentro dos limites fixados pelo BC.

Em maio de 1995, o preço do carvão vegetal chegou a US\$ 26,99. O governo passou então a mover os limites dessa banda, levando o Real a se desvalorizar lentamente. O objetivo era chegar a um ponto em que seu preço estivesse equilibrado, sem que para isso fosse necessária uma ruptura, como uma maxidesvalorização, o que acabou acontecendo em 1999.

Essa estratégia começou a dar errado, porém, quando estourou uma crise financeira na Ásia, em julho a novembro de 1997, e o mercado internacional cortou o crédito para países com déficits externos muito altos. O que os investidores pensavam era que, esses países, cedo ou tarde, teriam que desvalorizar suas moedas para evitar o risco de insolvência internacional.

O Brasil, então, passou mais uma vez a ter dificuldade para obter financiamento no exterior e ficou em condições delicadas para sustentar a sua moeda. O dinheiro que havia era caro. Para mantê-lo no país, o Brasil elevou as taxas de juros a níveis altíssimos, causando queda no preço do carvão vegetal.

As pressões cresceram em agosto de 1998, quando a Rússia também teve que desvalorizar sua moeda e declarou moratória de suas dívidas interna e externa. Como reação a essa crise, o BC brasileiro chegou a elevar as taxas de juros a 43% ao ano. Este fato está nítido na Figura 2.9, com uma oscilação brusca de curtíssimo prazo no preço do carvão vegetal no ano de 1998.

Em janeiro de 1999, porém, a pressão ficou insustentável e o Brasil desistiu de lutar contra os investidores. O governo deixou o preço do dólar subir livremente no dia 13 de janeiro.

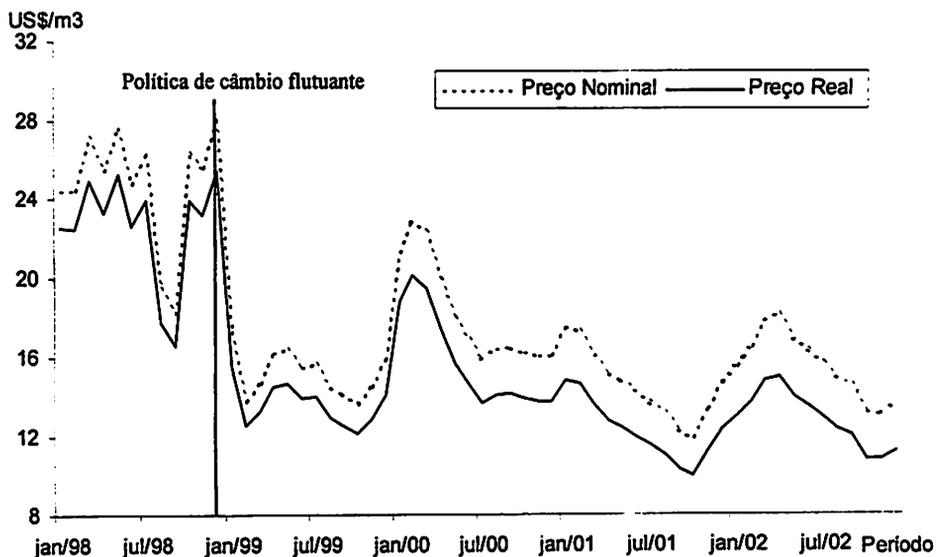


FIGURA 2.9 - Comportamento do preço real e nominal do carvão vegetal no período de jan/1998 a dez/2002 (CPI base ago/1994=100).

Em dezembro de 1998, antes da desvalorização cambial o preço do metro cúbico de carvão vegetal era de US\$ 22,50, apesar do otimismo inicial o Real continuou a cair vertiginosamente chegando a atingir desvalorização de 37% frente ao Dólar em apenas um mês e o preço do carvão vegetal caiu 38,48% no mesmo período, chegando a cotação mais baixa, do Plano Real, de US\$ 12,50 em fevereiro de 1999, com o câmbio a R\$ 2,165 por dólar.

A passagem para o câmbio livre, pela primeira vez em toda a história do país, foi surpreendentemente tranquila. Contrariando os temores dos anos passados, o país conseguiu deixar a moeda se desvalorizar sem que a inflação voltasse a sair do controle devido a atuação do Banco Central e do Ministerio da Fazenda que conseguiram controlar os humores dos investidores estrangeiros. A partir deste ponto no tempo, os preços do carvão vegetal sofreram influência diretamente da cotação do dólar.

Desse modo, o Brasil pôde superar a crise e conseguiu a estabilização monetária muito mais rapidamente do que o Sudeste Asiático, o México e em especial a Rússia. Naturalmente, uma desvalorização de 35% a 40% foi um problema para a economia que necessitou de um trabalho intenso de readaptação dos negócios, em particular, no mercado de carvão vegetal.

Em grande parte, isso ocorreu por que a economia ficou paralisada por alguns meses, enquanto o dólar não encontrava um preço estável, os juros seguiam acima de 30% a.a.e não se sabia qual seria o patamar da inflação. Mas o país conseguiu fechar o ano sem ter queda no Produto Interno Bruto.

Um novo “fantasma” além dos indicadores macroeconômicos e das crises mundiais surge no setor florestal brasileiro, divulgado pela Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), na virada do século, o “Apagão Florestal”, apontando, a médio prazo, a falta de matéria-prima do setor florestal, ou seja, a madeira. Neste período ocorreu uma crise energética os preços do carvão vegetal chegaram, em janeiro de 2000, a US\$ 20,12 o metro cúbico, época em que se tem menor oferta de matéria-prima no mercado, mas não foram consistentes por muito tempo, os preços voltaram a cair, no mesmo ano, para US\$ 13,71, em julho de 2000.

Assim, quem sofrerá maiores conseqüências com este déficit de madeira no setor florestal será o sub-setor de carvão que subdivide em produtores independentes e usinas integradas. As usinas integradas possuem um melhor planejamento, por que produzem suas próprias florestas. Já os produtores independentes de carvão firmam contratos de curto prazo com as siderúrgicas.

Em janeiro de 2001, os preços voltaram a subir chegando a US\$ 14,87, devido ao câmbio favorável às exportações e caindo novamente até outubro de 2001 a US\$ 9,98, onde a cotação do dólar foi de R\$ 2,74. A taxa de câmbio foi controlada até junho de 2002, os preços do carvão vegetal voltaram a subir chegando a US\$ 15,03, em abril de 2002. A cotação do dólar quebrou a barreira

dos R\$ 3,00, conseqüentemente, os preços do carvão vegetal voltaram a cair ao patamar de US\$ 10,79, em novembro de 2002, subindo novamente em dezembro.

6.1 A influência dos preços do petróleo sobre os preços do carvão vegetal

O petróleo é a principal fonte de energia no mundo. As economias dependentes desta fonte energética ficam vulneráveis as oscilações nos seus preços. Contudo, como mostra a Figura 2.10, o preço nominal do petróleo supera os preços reais, mostrando que é importante deflacionar a moeda americana. Muitos estudos não tomam este cuidado trabalhando com informações inconsistentes para fazer projeções sobre o comportamento das séries em estudo.

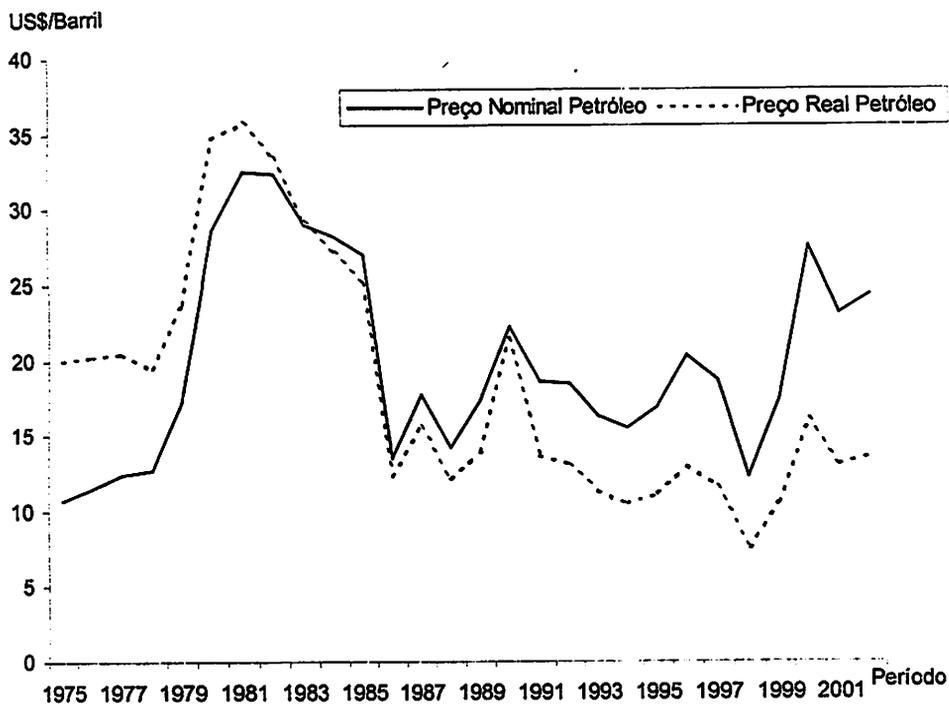


FIGURA 2.10 - Comportamento do preço real e nominal do petróleo no período 1975 a 2002 (CPI, Base 1982-84=100).

A utilização do carvão vegetal, como recurso energético totalmente nacional, foi o grande responsável pelo crescimento da siderurgia brasileira. O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, sendo que, em média 74% do consumo nacional se dá no setor siderúrgico. Contudo, esta parte do trabalho compara estas duas fontes energéticas e a influência do preço do petróleo sobre os preços do carvão vegetal.

Seguindo a tendência mundial, após o primeiro choque do petróleo no início da década de 70, o Brasil optou por explorar outras fontes de energia, com o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha, assinado em 1975. No II PND (1974-1979), veio o Programa do Alcool, em 1976. Em janeiro de 1979, houve a Revolução Islâmica no Irã, um dos maiores exportadores de petróleo, levando instabilidade política no mundo Árabe, resultando em novo choque, com efeitos duas vezes maiores que o anterior (Figura 2.11).

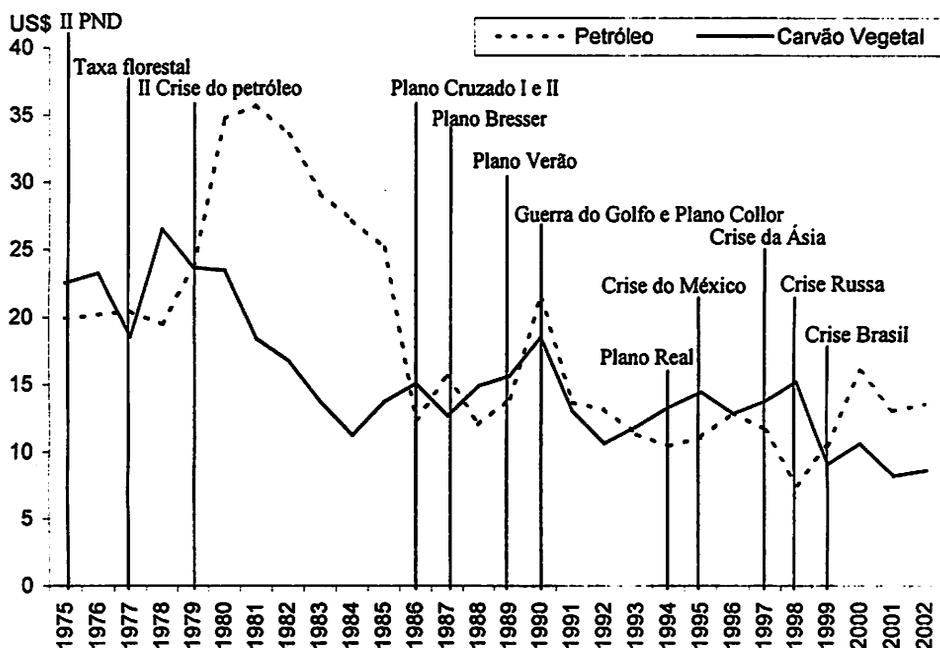


FIGURA 2.11 - Comportamento dos preços reais do carvão vegetal e do petróleo, no período de 1975 a 2002 (CPI base 1982/84=100).

A crise do petróleo se arrastou até 1981. Contudo, os preços do petróleo continuaram elevados até 1985. O preço do carvão vegetal, neste período, influenciou na consolidação do processo de substituição de importações (*Pensamento Cepalino*).

Com os desentendimentos entre os países árabes, que diminuíram a força do cartel da OPEC, o preço do barril de petróleo caiu no mercado internacional. Também contribuiu para a queda a descoberta de novas tecnologias e o aprimoramento de outras fontes de energia.

A partir de 1986, o preço real do petróleo caiu chegando a US\$ 12,34 o barril. Assim, os preços do petróleo deixaram de criar pressão nos países consumidores, aumentando o consumo e elevando a produtividade, ocasionando a deseconomia de energia.

Em agosto de 1990, o Iraque invade o Kuwait, eclodindo a guerra do golfo Pérsico, que aquece os humores do mercado internacional de petróleo e o mercado nacional de carvão vegetal. As economias do Oriente Médio ficam abaladas por uma década.

A abertura ao comércio internacional feita pelo Plano Collor, em 1990, permitiu um ajustamento entre as duas fontes energéticas analisadas. Contudo, esta relação não permanece por muito tempo. Com o lançamento do Plano Real, os preços do carvão vegetal sobem devido a valorização da moeda em relação ao dólar, que foi adotado um sistema de ancora cambial, fortalecendo a ilusão monetária entre os preços do carvão vegetal e do petróleo. Quando o governo desvaloriza a moeda, em 1999, adotando um sistema de câmbio flutuante, o preço real do carvão vegetal se aproxima do preço do petróleo. (Figura 2.12).

Em setembro de 2000, um grupo de países dentro da OPEC reduz a oferta de petróleo. A Arábia Saudita força o aumento do preço do barril para reduzir sua dívida externa.

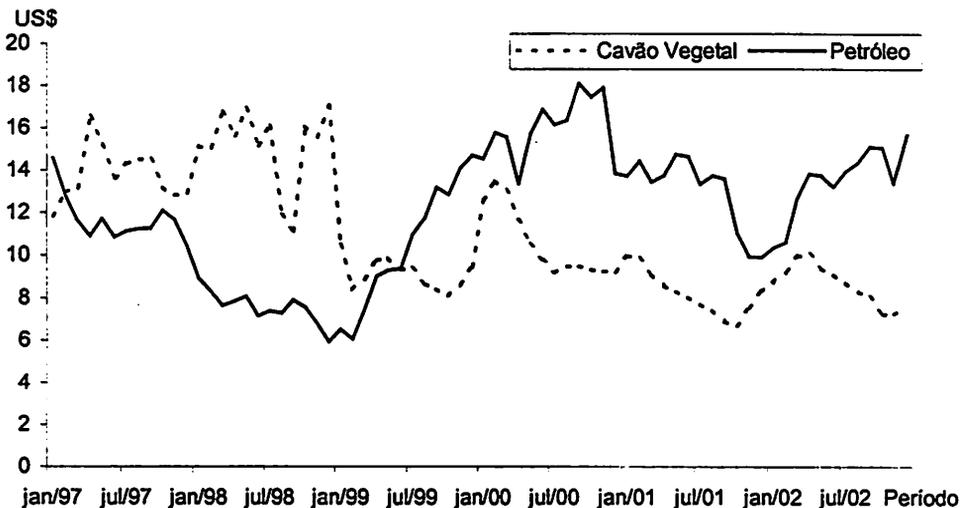


FIGURA 2.12 - Comportamento dos preços reais do carvão vegetal e do petróleo, no período de 1997 a 2002 (CPI base 1982/84=100).

Após o ataque terrorista aos Estados Unidos em setembro de 2001, o preço do petróleo sofre uma queda significativa passando de US\$ 13,62 chegando US\$ 9,92 o barril, devido a isto, a economia americana estava em recessão, mesmo com essa queda os preços do carvão vegetal não sofreram nenhuma alteração.

Os preços do carvão vegetal dependem crucialmente das decisões macroeconômicas e políticas como taxa de câmbio, o salário mínimo, taxa de juros e tarifas publicas. Como o preço do petróleo que é também político por que depende da OPEC, inicialmente.

5 CONCLUSÕES

A partir das análises feitas neste trabalho, chegou-se as seguintes conclusões:

1. Os preços reais do carvão vegetal, em moeda nacional, ao longo do tempo apresentaram tendência decrescente.

2. As oscilações no preço real do carvão vegetal, em dólar, se dão, basicamente, pela demanda nas indústrias que o utilizam como matéria-prima;
3. Os programas de governo das décadas de 60 e 70 aumentaram a oferta de carvão vegetal, conseqüentemente, influenciando seus preços;
4. Os preços do carvão vegetal foram influenciados pelos planos econômicos, que buscavam a estabilidade econômica e rompiam o estrangulamento da infra-estrutura;
5. O descontrole inflacionário fez com que os preços do carvão vegetal variassem muito entre 1986 a 1990.
6. A partir do século XXI, os preços do carvão vegetal foram mais influenciados pela taxa de câmbio;
7. Ao longo do tempo, os preços reais comparados aos preços nominais do petróleo, apresentaram queda;
8. Nos períodos de crise energética (petróleo) os preços do carvão sofrem grandes oscilações que, contudo, não se sustentam.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ABRACAVE. **Anuário estatístico**, Belo Horizonte, 1976-2003.

AFFONSO, R. A ruptura do padrão de financiamento do setor público e a crise do planejamento no Brasil durante os anos 80. In: SEMINÁRIO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO, 1989, Brasília. **Anais...** Brasília-DF: FUNCEP/IPEA/SEPLAN, 1989. p. 141-186.

BACEN. **Padrões Monetários anteriores ao Real: prazos para troca**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?MECIRTROCA>>. Acesso em: 06 ago. 2003.

BRUM, A. J. **O Desenvolvimento econômico brasileiro**. 21. ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 2000.

FRANCO, G. H. B. Dolarização: Mecanismo, mágicas e fundamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 14., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba - PR: ANPEC, 1991. CD-ROM.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Conjuntura Econômica**. Rio de Janeiro: IBRE, 1987.

GREMAUD, A. P.; VASCONCELLOS, M. A. S.; TONETO JR. , R. **Economia brasileira contemporânea**. 3. ed. São Paulo-SP: Atlas, 1999.

LACERDA, A. C. et al. **Economia brasileira**. São Paulo: Saraiva, 2000.

OPEC. Annual Statistical Bulletin 2002. Disponível em: <www.opec.org>. Acesso em: 07 fev. 2004.

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.

CAPITULO 3

1 RESUMO

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise Longitudinal dos Preços de Carvão Vegetal no Estado de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2004. Cap. 3, p. 85-104. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O carvão vegetal é um recurso energético renovável, sendo um dos insumos básicos responsáveis pelo desenvolvimento das indústrias de base florestal no Brasil. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal. O presente estudo é dedicado à análise das séries longitudinais dos preços do m³ de carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais. Foram utilizados os preços médios pagos por metro cúbico de carvão vegetal publicados pela ABRACAVE. Para a análise da série, considerou-se o modelo SARIMA, com o objetivo de encontrar os parâmetros que forneçam melhores previsões de preço. Considerou-se os preços no período de janeiro de 1975 a dezembro de 2002 para ajustar o modelo e o período de janeiro a dezembro de 2003 para a validação das projeções. A escolha do modelo mais adequado se baseou nas análises gráficas, testes estocásticos e critérios de avaliação da ordem do modelo. Entre os modelos estudados, o SARIMA (2,0,1)(0,1,1)₁₂, proporcionou melhor ajuste e de forma parcimoniosa. Apesar de ter ocorrido um fator aleatório que distorceu os valores reais dos preços do carvão vegetal, as projeções fornecidas pelo modelo ficaram dentro dos limites de significância estabelecidos.

Comitê Orientador: José Luiz Pereira de Rezende (Orientador) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA.

CHAPTER 3

2 ABSTRACT

COELHO JUNIOR, I. M. **Longitudinal analysis of wood charcoal prices in the State of Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2004. Cap. 3, p. 85-104. Dissertation – (Master's degree in Forestry Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.

Wood charcoal is a renewable energetic resource responsible for the development of the forest key industries in Brazil. The State of Minas Gerais is the largest producer and consumer of charcoal. This study analyzed the longitudinal series of charcoal prices, in the State of Minas Gerais. Average m³ of charcoal prices published by ABRACAVE was used. For analyzing the series, it was used the SARIMA model, in order to find the parameters and to supply better forecasts of charcoal prices. It was considered the period from January 1975 to December 2002 to adjust the model and the period from January to December of 2003 for validating the projections of the model. The choice of the most appropriate model was based on graphical analyses, stochastic tests and criteria of evaluation of the order of the model. Among the studied models, SARIMA (2,0,1,) (0,1,1)₁₂ provided better adjustment and in a parsimonious way. In spite of the appearance of a random factor that distorted the real values of charcoal prices, the projections supplied by the model were inside the limits of the established significance.

Guiding committee: José Luiz Pereira de Rezende (Advisor) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA

3 INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é um recurso energético renovável que contribui significativamente para o desenvolvimento das indústrias de base florestal no Brasil. Sua oferta é instável, pois depende de condições edafoclimáticas, gerando desajustamento entre oferta e demanda. Estas instabilidades nos preços são ocasionadas por flutuações estacionais e aleatórias no decorrer do ano, sendo necessário conhecer melhor este comportamento para delinear políticas que minimizem seus efeitos (Rezende & Pereira, 1988).

O consumo de carvão vegetal localiza-se, principalmente, na indústria siderúrgica nacional, onde é usado como termo-redutor do minério-de-ferro para produção de ferro-gusa. A siderurgia brasileira também utiliza o coque mineral, insumo substituto, como termo-redutor do minério-de-ferro. Contudo, o carvão mineral brasileiro possui baixa qualidade (alto teor de cinzas) e por isso foi gradativamente substituído por coque importado, principalmente dos EUA, Polônia, Canadá e Austrália (Paula, 1992) .

As séries longitudinais, ou temporais, de modo geral, podem ser vistas como realizações de processos estocásticos ao longo do tempo (Fischer, 1982). No mercado de carvão vegetal, as séries de preço para compra e venda, representam uma fonte de dados em que essa metodologia pode ser aplicada, para se obter informações a respeito do comportamento dos preços.

Os problemas causados por estas variações de preços podem ser estudados por análise que relacionem estes fatores com seus efeitos sobre o comportamento do mercado. O conhecimento de tais relações entre oferta e demanda de carvão vegetal e suas variações de preços fornecem elementos importantes para a previsão do comportamento futuro.

A indústria siderúrgica brasileira depende crucialmente do carvão vegetal, em sua busca de eficiência energética, por causa da iminente escassez futura do petróleo.

Visando a garantir esse suprimento, as empresas vêm estabelecendo reflorestamentos em várias regiões do país. A matéria-prima é também fornecida por pequenos produtores ou carvoeiros independentes. Nos últimos anos, tem-se observado diminuição no consumo total de carvão vegetal. Tal fato pode ocorrer devido à queda do preço do petróleo e do coque (combustíveis fósseis) no mercado internacional. Paralelamente, tem havido enorme pressão da sociedade para que se reduza o uso do carvão vegetal oriundo de florestas nativas. (ABRACAVE, 2002; Brasil, 2002).

Silva & Silva (1996) aplicaram o método de Box & Jenkins à série de preço do metro cúbico de carvão vegetal em Minas Gerais, no período de janeiro de 1980 a dezembro de 1992. Das metodologias estudadas a que forneceu o melhor modelo foi a metodologia Box & Jenkins. O melhor modelo ajustado foi o ARIMA (1,1,1), mas os autores não conseguiram identificar os efeitos da sazonalidade.

Há necessidade de atualizar as séries de preço para que tanto empresas como produtores possam dispor de informações de qualidade e atualizadas para a tomada de decisões e de planejamento.

4 OBJETIVOS

Este trabalho analisou as séries longitudinais dos preços de carvão vegetal com os seguintes objetivos específicos:

- Estimar o modelo da família ARIMA dos preços mensais de carvão vegetal, e;

- Com base nos resultados encontrados, projetar os preços de carvão vegetal, em Minas Gerais, para 2003, comparando com a série original e verificando a validade do modelo encontrado.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados foram obtidos dos Anuários Estatísticos da ABRACAVE (1976-2003), hoje, Associação Mineira de Silvicultura (AMS) e refere-se aos preços médios mensais pagos por metro cúbico de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais (média aritmética de todas regiões mencionadas no anuário), no período de janeiro de 1975 a dezembro de 2003. Para ajuste do modelo considerou-se os anos 1975 a 2002. Reservou-se o ano de 2003 para validação como fonte de comparação dos dados da previsão para escolha do melhor modelo.

Os preços médios foram convertidos em dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) a preço de venda (Brasil, 2004). O dólar é utilizado como parâmetro para o comércio exterior e o mercado financeiro. Na análise de séries temporais, muitos estudos brasileiros não utilizam o índice de correção monetária americana, o que pode influenciar nos preços reais dos produtos. No presente estudo, considerou-se o deflator americano através do *Consumer Price Index* (CPI), ano base 1982-1984 = 100, publicado pelo Bureau of Labor Statistics (2004).

Os preços são considerados como série temporal. Uma série temporal pode ser definida como um conjunto de observações de uma variável dispostas seqüencialmente no tempo e pode ser classificada como determinística ou não-determinística (Morettin & Toloi, 1987). A série temporal y_t pode ser representada por um modelo Sazonal Auto Regressivo Integrado Média Móvel [SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s]. Se a série for não estacionária, existindo um fator sazonal, aplica-se o operador diferença para torná-la estacionária, na média.

O defensor desta metodologia foi Box & Jenkins (1976), baseado nos parâmetros limitados ao modelo de propriedade de segunda ordem. Levando-se em conta que se os erros são sucessivamente dependentes, as observações também serão. Essa metodologia constrói modelos que descrevam com precisão e de forma parcimoniosa o processo gerador da série temporal, proporcionando, dessa forma, previsões acuradas de valores futuros.

Uma condição básica para aplicação do método é ajusta-lo para o resíduo através de uma série estacionária, com variância finita. Para isso, foi considerado o processo Auto Regressivo – Média Móvel de ordem p e q , [ARMA(p,q)] definido por

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

em que ϕ_i , ($i = 1, 2, \dots, p$) são parâmetros auto-regressivos do modelo em que ajusta os valores passados de y_t do instante imediatamente anterior até o mais distante representado por p . Os valores de a_t representam uma seqüência de choques aleatórios e independentes uns dos outros, a_t é uma porção não-controlável do modelo e chamado normalmente de ruído branco (*white noise*). Os parâmetros θ_j , ($j = 1, 2, \dots, q$) do modelo de médias móveis possibilita escrever a série em função dos choques passados. Em geral cada a_t é considerado como tendo distribuição normal, média zero, variância constante e não-correlacionados.

Uma série não estacionária, com algumas transformações nos dados, tais como cálculo da 1ª ou 2ª diferença, permite chegar a uma série estacionária, sobre a qual a metodologia pode ser aplicada. Estimativas dos parâmetros são feitas pela função de distribuição normal ou gaussiana. A aplicação do modelo SARIMA segue as seguintes etapas: identificação e ajuste dos parâmetros,

estimativa do modelo, diagnóstico dos resíduos e previsão (Fischer, 1982; Silva & Silva, 1996; Venable & Ripplley, 1999).

A etapa de identificação é a fase mais crítica do modelo, que consiste em determinar a ordem do modelo em 1, 2 ou 3 parâmetros, com base no "princípio de parcimônia", ou seja, obter um modelo mais simples com pequeno número de parâmetros.

Foram utilizadas 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 diferente e podem ser vistas como sendo distintas, contudo, não são independentes, sendo na verdade complementares e ligadas matematicamente.

As análises de **domínio do tempo** caracterizam as séries de dados nos mesmos termos em que são observados e reportados. A ferramenta primária para a caracterização de relações entre valores de dados na aproximação do domínio temporal é a Função de Autocorrelação (ACF), que se baseia na suposição da estacionariedade de segunda ordem.

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. A ferramenta básica para calcular a densidade espectral é o periodograma. Para uma frequência ω , computa-se a correlação quadrada efetiva entre a série e a frequência ω , que ondula seno/cosseno por

$$I(\omega) = \left| \sum_{t=1}^n e^{-i\omega t} X_t \right|^2 / n = \frac{1}{n} \left[\left\{ \sum_{t=1}^n X_t \sin(\omega t) \right\}^2 + \left\{ \sum_{t=1}^n X_t \cos(\omega t) \right\}^2 \right]$$

A série completa é considerada como resultante de efeitos combinados de uma coleção de ondas senoidais e cossenoidais, oscilando em diferentes taxas (Bloomfield, 1976). Assim, o próprio periodograma não provem de um estimador consistente da densidade espectral, mas pode-se calcular a suavidade posterior de uma média adjacente distribuída independentemente do anúncio das ordenadas do periodograma, obtendo-se a estimativa menos variável de $f(\omega)$. Um núcleo mais suavizado é usado da forma

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{h} \int K\left(\frac{\lambda - \omega}{h}\right) I(\lambda) d\lambda \approx \frac{2\pi}{nh} \sum_k K\left(\frac{\omega_k - \omega}{h}\right) I(\omega_k) = \sum_k g_k I(\omega_k)$$

para uma probabilidade de densidade K . O parâmetro h controla o grau de suavização. Mas se h aumenta, a variância decresce; no entanto, a tendência cresce. A escala dos espectros é dada através de decibels, que é $10 \log_{10} I(\omega)$.

Para estimar os parâmetros ϕ 's do modelo AR, os parâmetros θ 's do modelo MA, utilizou-se o método da máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood*), que considera um intervalo de confiança de 95%, para que a estimativa satisfaça as condições invertibilidade e unicidade dos parâmetros.

Depois da estimativa do modelo foram plotados e realizados a verificação ou diagnóstico que compreende: a verificação dos parâmetros estimados, análise dos resíduos e análise dos critérios de informação. O critério de informação utilizado foi o *Akaike information criterion* (AIC), assim:

$$AIC = -2 \ln(L) + 2(p + q)$$

onde T é o número de observações usadas. Idealmente, o AIC deve ser o menor possível, medindo quanto o modelo estimado se ajusta aos dados (AKAIKE, 1977).

O diagnóstico é feito para verificar a validade do modelo e o teste de Box & Pierce (1970) *portmanteau test*:

$$Q_k = n \sum_1^k c_k^2$$

em que $n = n^\circ$ de observações; $d =$ grau de diferenciação; e $c_k =$ Autocorrelação dos resíduos. O modelo é aceito se $Q \leq \chi^2(\theta, k - N)$, em que χ^2 é o qui-quadrado, θ o nível de significância, k a ordem de defasagem e N o número de parâmetros.

Após o término do processo iterativo de identificação, estimativa e checagem do diagnóstico, o qual proporciona uma estimativa do modelo da série que se ajusta aos dados da realidade, pode-se utilizá-lo para prever valores futuros da variável.

Os processos de previsão com modelos de séries de tempo são procedimentos que visam a estender a valores futuros o modelo descrito e ajustado aos valores passados e ao valor presente da variável. Portanto, a previsão se torna o cálculo do valor esperado de uma futura observação, condicionada aos valores passados e ao valor presente da variável.

A manipulação dos dados foi feita através dos softwares Excel, S-PLUS 2000 e SAS e os métodos computacionais utilizados para modelagem da família ARIMA, foram obtidos de Venable & Ripley (1999).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3.1 mostra os preços reais, em dólar (US\$), do metro cúbico de carvão vegetal praticados no estado de Minas Gerais, no período de janeiro de 1975 a dezembro de 2002 (Tabela 1 do anexo). Observa-se que as variações longitudinais das séries temporais dos preços de carvão vegetal estão decrescendo ao longo do tempo.

Essas oscilações nos preços, de maneira geral, são refletidas pelos efeitos macroeconômicos da política brasileira no período analisado. Também se pode dizer que, além da queda dos preços do barril de petróleo e seus derivados,

o carvão mineral no mercado internacional (Brasil, 2002) também influenciou na defasagem nos preços de carvão no período analisado.

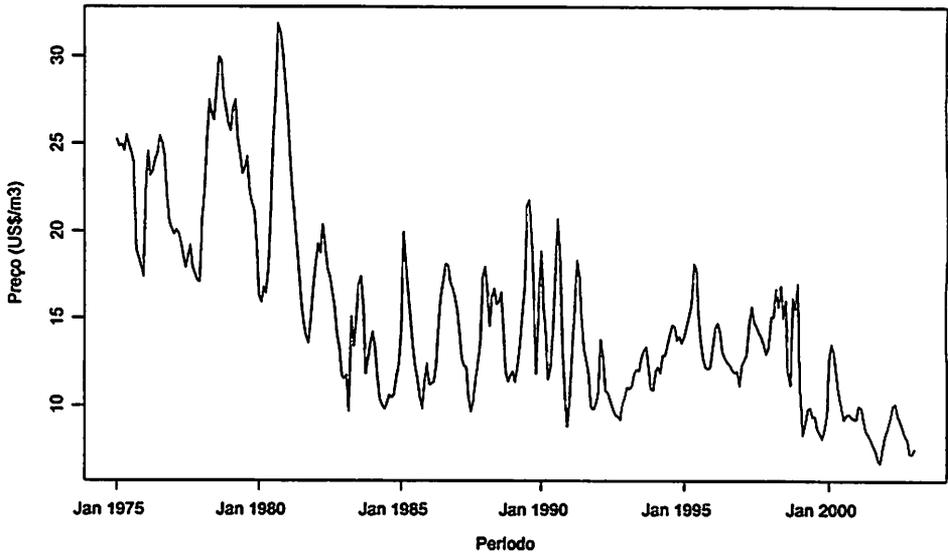


FIGURA 3.1 - Preço real do carvão vegetal (US\$/m³) no período de 1975 a 2002 (Base 1982-84=100).

O aumento na demanda de carvão vegetal no início da década de 80, segundo dados da ABRACAVE, ocorreu por causa da expansão da indústria de cerâmica, fábricas de cimento, entre outros, e a área plantada com o gênero *Eucalyptus* foi aumentando ainda sob a influência dos incentivos fiscais até o término em 1988. As crises do petróleo, o milagre econômico e as políticas econômicas influenciaram de alguma forma a busca de bens substitutos (o carvão vegetal, o coque e o álcool) para o progresso da indústria de bens de capital.

Um fator que também influenciou a queda dos preços de carvão vegetal no anos 80 foi o progresso tecnológico no setor florestal. Segundo Souza et al. (2002), houve um aumento da produtividade volumétrica por hectare e diminuição nos custos de produção ao longo do tempo.

Outros fatores relacionados ao progresso tecnológico, que tiveram efeito sobre a queda dos preços de carvão vegetal, foram a elevação de 300% da produtividade na área plantada, a redução de 35% na relação metro de carvão-tonelada de gusa e o aumento de 35% na densidade do carvão, provocando assim redução dos custos de produção de gusa e redução no consumo de carvão vegetal (Rezende et al., 2002).

Apenas a análise da Figura 3.1 não é suficiente para identificar se a série é estacionária ou não, mas supondo-se que não seja estacionária e surgem efeitos de sazonalidade, é necessário analisar as Funções de Autocorrelação (ACF) e de Autocorrelação Parcial (PACF) (Figura 3.2)

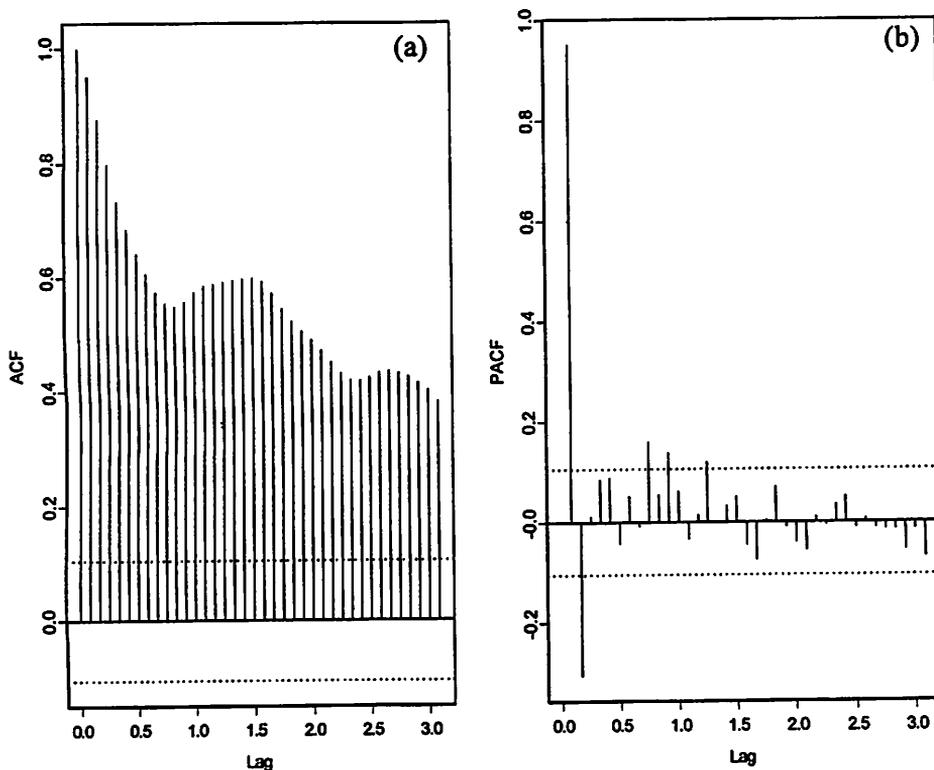


FIGURA 3.2 - Função de Autocorrelação (ACF) e Função de Autocorrelação Parcial (PACF) das séries de preço do carvão vegetal em Minas Gerais.

Nota-se pela Figura 3.2 que na ACF ocorre uma mistura exponencial e de forma senoidal, típico do processo auto-regressivo, comprovando que a série é não estacionária, indicando que o modelo a ser gerado é o SARIMA $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$, para torná-la estacionária apresentando média, variância constantes e covariância invariável.

O PACF determina a ordem do processo auto-regressivo (AR) mostrada na Figura 3.2. Observa-se que a PACF tem uma defasagem de tamanho dois significativa para a parte não sazonal. Isso fornece bons indícios de que o processo é AR (2).

Para confirmar a identificação do modelo a ser estimado, usa-se também o domínio da frequência para melhor interpretar a série observada. Analisando as densidades espectrais estimadas na Figura 3.3, pode-se ver, separadamente, as contribuições dos processos variando em diferentes velocidades em *decibels* (dB) do espectro no eixo vertical.

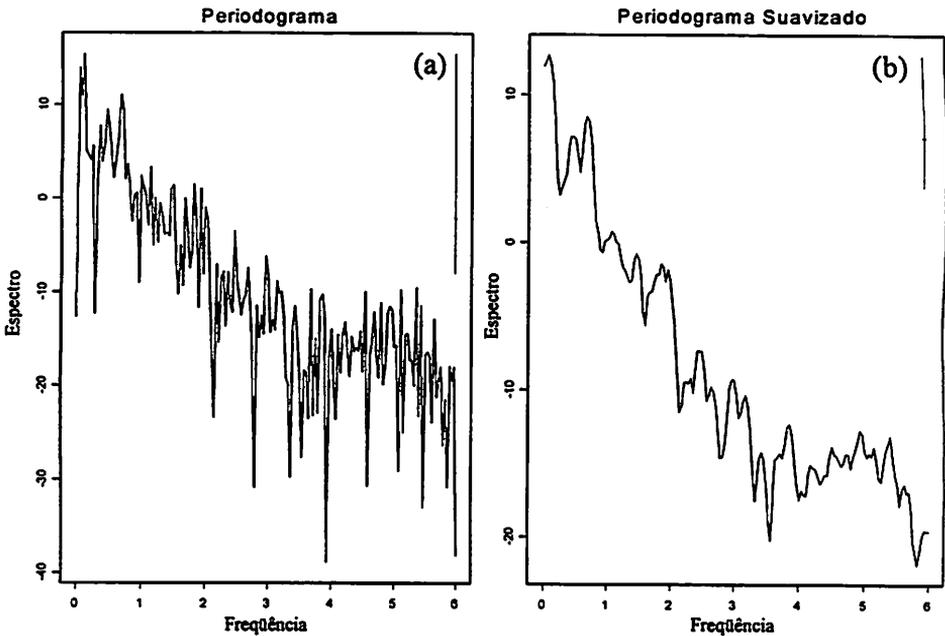


FIGURA 3.3 - Densidade espectral estimada das séries de preço do carvão vegetal em Minas Gerais.

Verifica-se que o espectro mostra a variação nos dados originais, que é referente às oscilações para as frequências harmônicas, com um intervalo de confiança de 95%.

A Figura 3.3 (a) mostra o periodograma da série original com comprimento da onda da banda, ou seja, é a distância entre uma crista e outra, sendo igual a 0,013098 da frequência e a intensidade do espectro varia entre (-5,88, 17,57) dB. A partir do momento que suaviza o periodograma na Figura 3.3 (b), o comprimento da onda da banda aumenta, sendo igual a 0.0449395, diminuindo a velocidade das densidades espectrais, buscando os efeitos sazonais e a curto prazo demonstrando os aspectos da tendência (-3.37614 , 5.56019) dB. Chega-se a conclusão que é necessário utilizar a primeira diferença para tornar a série estacionária, caso típico de uma série econômica.

Após a identificação da necessidade de utilizar a primeira diferença na série original, sendo $Y_t = T_t + S_t + a_t$, transforma-se a série original em uma série diferenciada (Y'_t), ou seja, a série sazonalmente ajustada e sem a tendência $a_t = Y'_t - S_t$, está representada na Figura 3.4 (a).

Como a série original é não estacionária (ou seja, os preços não variavam em torno de uma média constante) e possui sazonalidade, foi necessário processar uma transformação de 1ª diferença nos dados para retirar a tendência e para verificar a parte sazonal através da Função de Autocorrelação (Figura 3.4 (b)), que pode ser visualizada pelo resultado dos lags 12 significativo, ou seja, fora do intervalo de significância representado pela linha pontilhada.

Após identificar os valores de p, d e q através do domínio do tempo e domínio da frequência, estimou-se os parâmetros do modelo proposto, verificando que o parâmetro AR (2) conforme sugerido pelas análises de ACF e PACF.

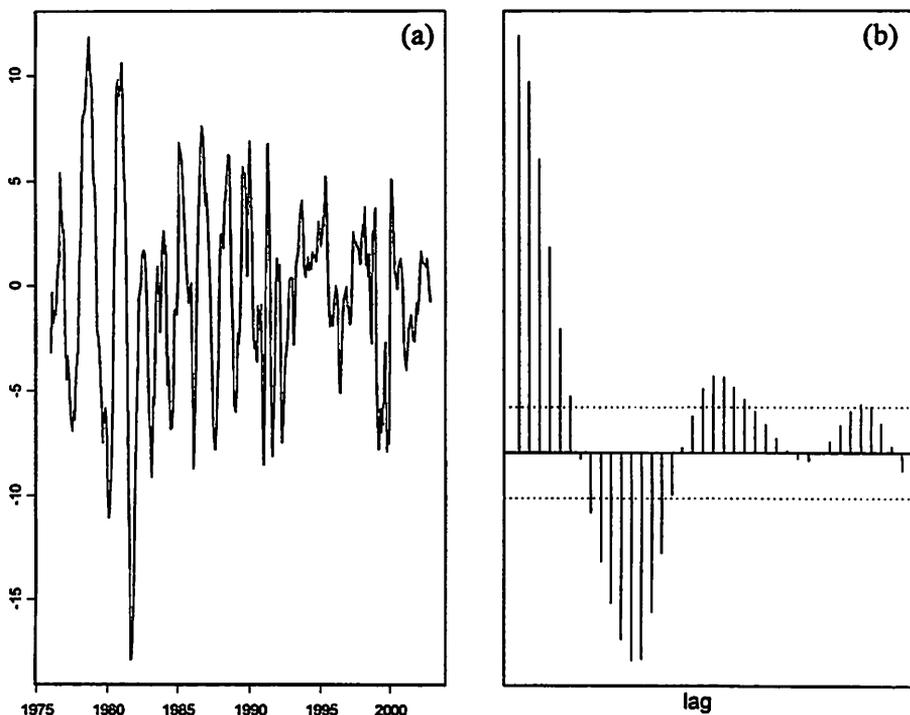


FIGURA 3.4 - Decomposição da sazonalidade da série de preços do carvão vegetal em Minas Gerais.

Foram pré-selecionados os modelos SARIMA $(0,1,1) \times (0,1,1)_{12}$, SARIMA $(2,0,0) \times (0,1,1)_{12}$, SARIMA $(1,1,2) \times (0,0,1)_{12}$ e SARIMA $(2,0,1) \times (0,1,1)_{12}$ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA $(2,0,1) \times (0,1,1)_{12}$:

$$Y_t = \frac{(1 - \theta_1 B)(1 - \Theta_1 B^{12}) a_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B^{12})}$$

As estimativas dos parâmetros que satisfizeram as condições de estacionariedade, sazonalidade e invertibilidade foram feitas conforme a Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA (2,0,1)x(0,1,1)₁₂.

Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão	Teste t	p-value
θ_1	-0,1124	0,04889	-2,30	0,0215
Θ_1	0,8876	0,05787	15,34	<0,0001
ϕ_1	1,18372	0,0593	19,96	<0,0001
ϕ_2	-0,28708	0,05672	-5,06	<0,0001
AIC			1200,503	
SBC			1215,626	

A equação do modelo SARIMA (3,1,2) x (1,0,0)₁₂ estimada assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 + 0,1124\theta_1 B)(1 - 0,8876B^{12})a_t}{(1 - 1,18372B^1 + 0,28708B^2)(1 - B^{12})}$$

Após o modelo ter sido identificado, chega-se à etapa de verificação da correção ou não da escolha do modelo, que consiste em avaliar se os resíduos do modelo formam um processo de ruído branco. O teste mais comum que é utilizado e sugerido por Box & Jenkins (1976) é o “*portmanteu test*”, através da estatística “Q”, além das análises gráficas dos resíduos padronizados, das ACF e PACF (Figura 3.5).

Analisando a Figura 3.5, nota-se que o gráfico dos resíduos já apresenta estacionariedade [Figura 3.5 (a)]. Foram retiradas todas as autocorrelações existentes, que podem ser vistas através das funções de Autocorrelação e Autocorrelação parcial [Figura 3.5 (b e c)]. Nota-se que poucos coeficientes dessas funções apresentaram valores superiores à linha de controle, respeitando a condição de ruído branco. Observa que os níveis de significância, para o teste da Estatística do Qui-Quadrado de Ljung-Box [Figura 3.5 (d)], indicam que as autocorrelações do modelo são significativas. Portanto, o modelo escolhido

atende às exigências da teoria, considerando-se, assim, encerrada a construção do modelo SARIMA $(2,0,1) \times (0,1,1)_{12}$.

Para essa série de preços de carvão vegetal em Minas Gerais optou-se em inferir valores previstos para 12 períodos adiante, ou seja, a partir da observação 336, correspondente ao mês de janeiro de 2003, conforme mostra a Figura 3.6 e Tabela 3.2.

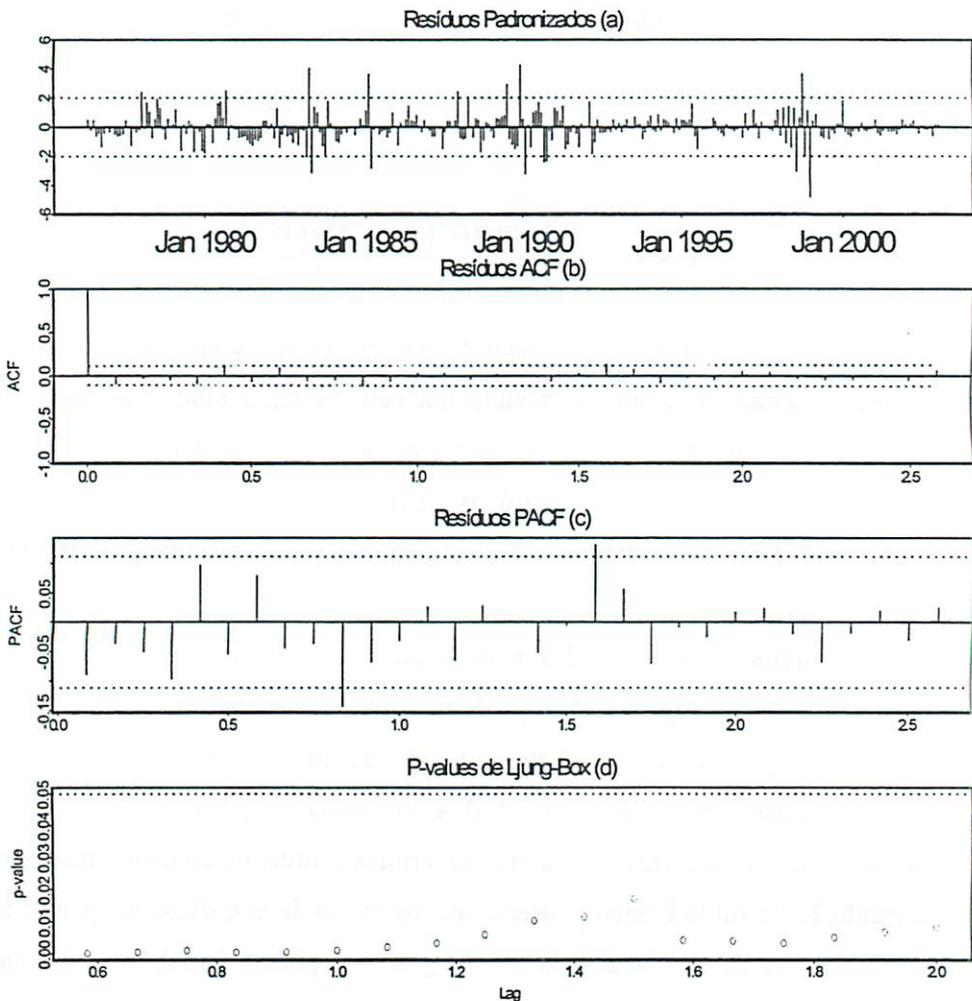


FIGURA 3.5 - Diagnóstico do modelo SARIMA $(2,0,1) \times (0,1,1)_{12}$

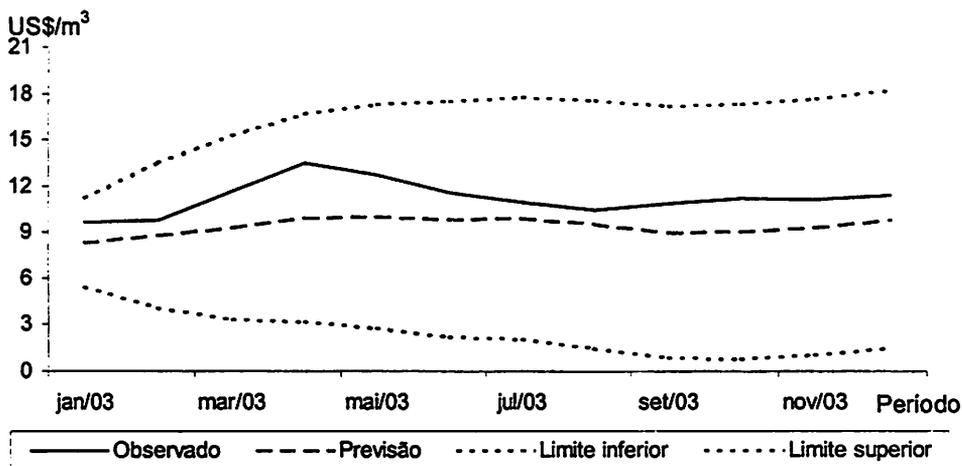


FIGURA 3.6 - Previsão para o ano de 2003 do modelo proposto e os preços do metro cúbico de carvão vegetal do estado de Minas Gerais, como forma de comparação.

TABELA 3.2 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2003.

Mês	Observado	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/03	9,66	7,83	1,4311	5,03	10,64
fev/03	9,77	8,19	2,3461	3,59	12,79
mar/03	11,72	8,51	2,919	2,79	14,23
abr/03	13,56	8,79	3,3172	2,29	15,29
mai/03	12,77	8,94	3,5613	1,96	15,92
jun/03	11,66	9,08	3,735	1,76	16,40
jul/03	10,99	9,10	3,8437	1,57	16,64
ago/03	10,49	9,13	3,926	1,44	16,83
set/03	10,92	9,09	3,9798	1,29	16,90
out/03	11,30	9,01	4,0238	1,12	16,90
nov/03	11,21	8,94	4,0541	1,00	16,89
dez/03	11,51	8,90	4,0809	0,90	16,90

Verificando as projeções futuras do modelo SARIMA $(2,0,1) \times (0,1,1)_{12}$ e comparando com os valores reais (Tabela 3.2), certifica-se que as previsões foram boas, estando entre o limite superior e a previsão. O erro quadrado médio da previsão foi igual a 4,07.

A partir do Século XX, apesar de todos os aspectos anteriormente analisados, parece que uma nova tendência se estabelece, na qual o aumento real nos preços se estabeleceu. Logo, com o aumento do preço da madeira, pressionado pelos múltiplos usos, os custos de produção do carvão tendem a aumentar em Minas Gerais.

Nota-se que no mês de abril de 2003 os valores reais subiram, este fato pode ter sido devido ao aumento do preço do petróleo e o marco da guerra dos Estados Unidos contra o Iraque.

7 CONCLUSÕES

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

1. Existe periodicidade na série de preços do carvão vegetal, mas não foi necessário eliminar o efeito da sazonalidade;
2. O modelo SARIMA $(2,0,1)(0,1,1)_{12}$ forneceu bons ajustes para a série observada, proporcionou um modelo simples e parcimonioso, contendo um número pequeno de parâmetros;
3. As projeções realizadas para 2003, utilizando o modelo SARIMA $(2,0,1)(0,1,1)_{12}$, foram satisfatórias;
4. Apesar de ter ocorrido distorção os valores reais do carvão vegetal, a previsão dos preços para o ano de 2003, ficou dentro dos limites do modelo.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRACAVE. **Anuário estatístico**, Belo Horizonte, 1976-2003.

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

BLOOMFIELD, P. **Fourier analysis of times series: an introduction**. New

York: John Wiley, 1976.

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

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.

BRASIL. Banco Central do Brasil. **Séries Históricas**. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br/séries/historicas>> acesso em 15/03/04.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 2002. 200 p.

BUREAU OF LABOR STATISTIC. **Consumer price index**. U. S. Department of Labor: Washington, D. C. Disponível em: <<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.request/cpi/cpia1.txt>>. Acesso em: 07 abr. 2004.

FISCHER, S. **Séries univariantes de tempo metodologia de Box e Jenkins**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p.

MELO, M. G. Um projeto soberano de auto-desenvolvimento. In: MELO, M. G. (org.). **Biomassa: energia dos trópicos em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Labmídia/Fafih, 2001. p. 16-22.

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

OPEC. **Annual statistical bulletin 2002**. Disponível em: <www.opec.org>. Acesso em: 20 nov. 2003.

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

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; OLIVEIRA, A. D. A Economia Florestal Mineira *vis-à-vis* A Economia Florestal Brasileira. In: SIMPÓSIO DE SÓLIDOS DE EUCALIPTO: AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras-MG: UFLA, 2002.

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, v. 12, n. 2, p. 146-155, 1988.

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 Arvore*, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 57-67, jan./mar. 1996.

SILVA, O. M.; PEREIRA, A. R. Variação estacional dos preços do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais. *Revista Arvore*, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 125-34, jul./dez. 1981.

SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; REZENDE, J. L. P. Estudo do momento ótimo de reforma para povoamentos de *Eucalyptus spp* – O caso da redução dos custos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 123-133, 2002.

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

CAPITULO 4

1 RESUMO

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise dos preços de carvão vegetal em quatro regiões no Estado de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 2004. Cap. 4, p. 105-131. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal, que é utilizado como termo-redutor do minério-de-ferro, para produção de ferro-gusa. O presente estudo analisa as séries temporais dos preços do carvão vegetal em quatro regiões de Minas Gerais. Para a análise da série de preços utilizou-se o modelo SARIMA, com o objetivo de encontrar um modelo que forneça melhores previsões de preços para as quatro regiões estudadas. Os modelos mais adequados foram escolhidos pelas análises gráficas dos resíduos padronizados, funções de autocorrelações e autocorrelações parciais, testes estocásticos e critérios de avaliação da ordem do modelo. Concluiu-se que as diferenças de preços do carvão vegetal das quatro regiões se dão, basicamente, pela localização geográfica; as análises de domínio do tempo e domínio da frequência mostraram que há diferença nas séries de preços das quatro regiões estudadas; as regiões de Sete Lagoas e Belo Horizonte, por serem próximas, possuem preços semelhantes e geraram modelos parecidos; as regiões estudadas apresentaram modelos diferenciados e que forneceram bons ajustes para as séries observadas. Os melhores modelos foram o SARIMA $(2,1,1) \times (1,0,0)_{12}$, para Belo Horizonte; o SARIMA $(2,0,0) \times (2,1,2)_{12}$, para Divinópolis; o SARIMA $(2,1,1) \times (1,0,0)_{12}$, para Sete Lagoas e o SARIMA $(1,1,1) \times (1,1,1)_{12}$, para Vertentes. Tais modelos se apresentaram de forma parcimoniosa, contendo um número pequeno de parâmetros. Todos os modelos SARIMA $(p,d,q) (P,D,Q)_s$, para as quatro regiões estudadas, apresentaram ruído branco e as projeções dos preços fornecidas foram satisfatórias para as quatro regiões.

Comitê Orientador: José Luiz Pereira de Rezende (Orientador) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo - UFLA.

CHAPTER 4

2 ABSTRACT

COELHO JUNIOR, L. M. Charcoal price analysis in four areas in the State of Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2004. Cap. 4, P. 106-130. Dissertation – (Master's degree in Forestry Engineering)¹– Federal University of Lavras, Lavras, MG.

The State of Minas Gerais is the largest producer and consumer of charcoal, which is used as term-reducer of iron ore, for producing pig iron. This study analyzes the time series of charcoal prices in four areas of Minas Gerais State. For the analysis of the price series, the SARIMA model was used, for finding a model that better forecasts prices for the four studied areas. The most appropriate models were chosen using graphical analyses of the standardized residues, autocorrelation functions and partial autocorrelations, stochastic tests and criteria of evaluation of the order of the model. It concluded that: the differences of charcoal prices occur, basically, due to the geographical location; the analyses of domain of the time and domain of the frequency showed that there is difference in the price series of the four studied areas; the areas of Sete Lagoas and Belo Horizonte, giving that they are closely located, possess similar prices and they generated similar model; the studied areas presented differentiated models and supplied good adjustments for the observed series. The best models were SARIMA (2,1,1)x(1,0,0)₁₂, for Belo Horizonte; SARIMA (2,0,0)x(2,1,2)₁₂, for Divinópolis; SARIMA (2,1,1)x(1,0,0)₁₂, for Sete Lagoas and SARIMA (1,1,1)x(1,1,1)₁₂, for Vertentes. Such models presented in a parsimonious way, containing a small number of parameters. All models SARIMA (p,d,q) (P,D,Q)_s, for the four studied areas, presented white noise and supplied adequate price forecast, for the four areas.

¹ Guiding committee: José Luiz Pereira de Rezende (Advisor) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA

3 INTRODUÇÃO

A história econômica mineira se confunde com a história econômica brasileira ao longo dos séculos, até a inserção do Estado no processo de industrialização nacional, ocorrendo um crescimento econômico desarticulado e descontínuo. A economia mineira, ao longo do século XX, se destaca com a indústria siderúrgica na qual integrou suas microrregiões, estimulada através dos mercados de carvão vegetal.

A indústria siderúrgica mineira contribui para a importância das indústrias de bases florestais no contexto nacional. O início da siderurgia brasileira a carvão vegetal ocorreu em meados do século XX, desenvolvida na região Sudeste (Paula, 2002).

A produção de ferro-gusa a carvão vegetal no estado de Minas Gerais foi de suma importância para o desenvolvimento da economia regional. As principais plantas industriais estão localizadas em: Santos Dumont, Belo Horizonte, Sete Lagoas, Divinópolis e Pirapora. No entanto, a localização se relaciona a vários fatores como: fonte dos recursos naturais (minério de ferro), eficiência energética, escoamento da produção e mercado.

O Estado de Minas Gerais é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal, consumindo, em média nos últimos 7 anos, cerca de 18 milhões de metros cúbicos deste insumo (ABRACAVE, 2002). No mercado de carvão vegetal é, preponderantemente, consumido nas indústrias siderúrgicas a ferro-gusa, na qual participa com cerca de chega a 70% do preço da tonelada de gusa (Mello, 2001).

O consumo de carvão vegetal não é homogeneamente distribuído entre as regiões consumidoras de Minas Gerais. O custo de transporte, a localização e outros fatores específicos diferenciam os preços em cada região.

Assim, as diferenças de preços entre regiões estão atreladas as distâncias em que o carvão vegetal produzido está de sua fonte consumidora, ou seja, do parque industrial.

O conhecimento das relações entre oferta e demanda de carvão vegetal e suas variações de preços fornecem elementos importantes para a previsão do comportamento futuro do mercado.

A ABRACAVE (2003), hoje Associação Mineira de Silvicultura (AMS), coleta informações sobre os preços do carvão vegetal das regiões consumidoras, que difunde e oficializa os preços do metro cúbico de carvão vegetal. Há vários estudos sobre os preços do carvão vegetal em Minas Gerais, mas que tratam o estado como um todo, sendo que nenhum deles analisa os pólos consumidores separadamente, o que constitui o objetivo central do presente estudo.

4 OBJETIVOS

Este trabalho analisou os preços de carvão vegetal em quatro regiões consumidoras do Estado de Minas Gerais, com os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as séries de preços de carvão vegetal nas regiões de Belo Horizonte, Sete Lagoas, Divinópolis e Vertentes, localizados no Estado de Minas Gerais;
- Estimar o modelo da família ARIMA para os preços mensais de carvão vegetal para as regiões estudadas, e;
- Prever os preços do carvão vegetal das regiões para 2004, com base nos modelos estudados.

5 MATERIAL E MÉTODOS

As regiões estudadas foram a Grande Belo Horizonte, Divinópolis, Sete Lagoas e Vertentes, no Estado de Minas Gerais. As séries históricas de preços do metro cúbico de carvão vegetal foram obtidas dos Anuários Estatísticos da ABRACAVE, referentes ao período de janeiro de 1981 a dezembro de 2003.

Os preços foram convertidos ao dólar americano, comercial oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) a preço de venda (Brasil, 2004) e foi utilizado o deflator americano do *Consumer Price Index* (CPI), ano base 1982-1984 = 100, obtido do Bureau of Labor Statistics (2004) para corrigir o dólar americano.

Caracterizou-se o mercado de carvão vegetal e analisou-se as variações de preços, em busca de diferenciar as regiões consumidoras de carvão vegetal. Utilizou-se as análises de domínio do tempo e domínio da frequência em busca de afirmações para esta diferenciação de preço.

Para ajustar o modelo de uma série estacionária usou-se o método Box & Jenkins (1976), considerando o processo Auto Regressivo – Média Móvel de ordem p e q , [ARMA(p,q)] definido por

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

em que ϕ_i , ($i = 1, 2, \dots, p$) são parâmetros auto-regressivos do modelos; θ_j , ($j = 1, 2, \dots, q$) são parâmetros do modelo de média móveis e a_t é o ruído branco, ou seja, uma porção não-controlável do modelo causados por fatores exógenos, incluindo os fatores catastróficos, como guerra e epidemias, planos de governo e por fatores aleatórios.

Se uma série é não estacionária, com algumas transformações nos dados, tais como cálculo da 1ª ou 2ª diferença, pode-se chegar a uma série estacionária

na média, sobre a qual a metodologia pode ser aplicada (Morettin & Tolo, 1987).

O processo Auto-Regressivo Integrado Média Móvel, ou simplesmente, ARIMA (p,d,q) é utilizado quando a série é não estacionária do tipo homogêneo, que permite sua transformação em uma série estacionária através do operador da diferença de ordem d , podendo ser descrito como:

$$\phi(B)\Delta^d Y_t = \theta(B)a_t; \quad \nabla^d = (1-B)^d; \quad w_t = \nabla^d Y_t,$$

onde

B é o operador de retardo (*backward*),

d = número de diferenças para tornar a série estacionária.

O polinômio auto-regressivo de ordem p (ϕB), sendo

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

O polinômio de médias móveis ordem q (θB), é dada por

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$$

O modelo utilizado foi o Sazonal Auto-Regressivo Integrado Média Móvel, SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s, para eliminar os efeitos da sazonalidade e da tendência tornando a série estacionária. O modelo SARIMA consiste em estabelecer um número maior de parâmetros para preconizar a sazonalidade, na série possuidora de correlação serial nos períodos defasados do tipo

$$\phi(B^s)\nabla_s^D Y_t = \theta(B^s)a_t; \quad \nabla_s^D = (1-B^s)^D; \quad w_t = \nabla_s^D Y_t,$$

onde,

s = sazonalidade,

D = número de diferenças sazonal.

O polinômio auto-regressivo de ordem P (ΦB) sendo

$$\Phi(B) = 1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_{24} B^{24} - \dots - \phi_p B^p$$

O polinômio de médias móveis ordem Q ($\Theta(B)$), é dada por

$$\Theta(B) = 1 - \Theta_{12} B^{12} - \Theta_{24} B^{24} - \dots - \theta_Q B^Q$$

Essa metodologia constrói modelos que descrevessem com precisão e de forma parcimoniosa o processo gerador da série temporal, proporcionando dessa forma previsões acuradas de valores futuros.

A aplicação do modelo SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s segue as seguintes etapas: identificação e ajuste, estimativa, diagnóstico e previsão (Fischer (1982); Silva & Silva (1996) e Venable & Ripley (1999)).

A identificação do modelo consiste em determinar a ordem do modelo com base no "princípio de parcimônia". Foram utilizadas a análise no domínio do tempo e a análise no domínio da frequência, sendo duas aproximações fundamentais para a análise de séries temporais processadas de forma bem diferente e podem ser vistas como distintas, contudo, não são independentes, sendo na verdade complementares e ligadas matematicamente.

Após a identificação, foram estimados os parâmetros ϕ 's do processo AR, os parâmetros θ 's do processo MA. Estimativas dos parâmetros são feitas pela distribuição gaussiana através do método da máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood*), considerando um intervalo de confiança de 95%, satisfazendo às condições invertibilidade e unicidade dos parâmetros.

Em seguida foram feitas as checagens do diagnóstico do modelo proposto através das análises dos resíduos padronizados, resíduos da função de Autocorrelação (ACF), resíduos da Função de Autocorrelação Parcial (PACF), verificado *portmanteau test* se é ruído branco e avaliado por meio do Critério de Informação de Akaike (AIC) (Akaike, 1977; Box; Pierce, 1970). Depois de identificado, estimado e diagnosticado o modelo SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s,

foram feitas as projeções futuras para 2004.

A manipulação dos dados foi realizada através dos softwares Excel, SAS e S-PLUS 2000 e os métodos computacionais utilizados para modelagem da família ARIMA foi obtido de Venable & Ripley (1999).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4.1 mostra o comportamento dos preços reais do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³), praticados nas quatro regiões consumidoras em Minas Gerais (Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5 do anexo).

O consumo de carvão vegetal, em Minas Gerais, se resume, basicamente, na produção de ferro-gusa, ferro-liga e cimento, ou seja, voltado para a construção civil. Dentre as regiões estudadas, o consumo de carvão vegetal se concentra mais nas siderúrgicas produtoras de ferro-gusa nas regiões de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Divinópolis; produtoras de ferro-liga somente na região de Vertentes e nas usinas de cimento em Vertentes e Belo Horizonte.

Aparentemente, as variações de preço entre as regiões têm comportamento homogêneo, havendo algumas situações de picos, em determinados períodos, que podem diferenciar um pouco as séries de preços.

Em relação à média, no período como um todo, os preços do carvão vegetal de Vertentes são os mais altos. A seguir, vem Belo Horizonte, Sete Lagoas e Divinópolis. As séries de preços de Divinópolis parecem ser as mais estáveis no mercado de Minas Gerais.

Observa-se que as variações longitudinais das séries temporais dos preços do carvão vegetal estão decrescendo, ao longo do tempo. Para identificar os modelos apropriados na metodologia Box & Jenkins, inicialmente devem ser analisados os gráficos originais das séries em estudo. As análises destes gráficos podem indicar a presença de tendência ou alteração na variância, o que revela se a série é ou não estacionária.

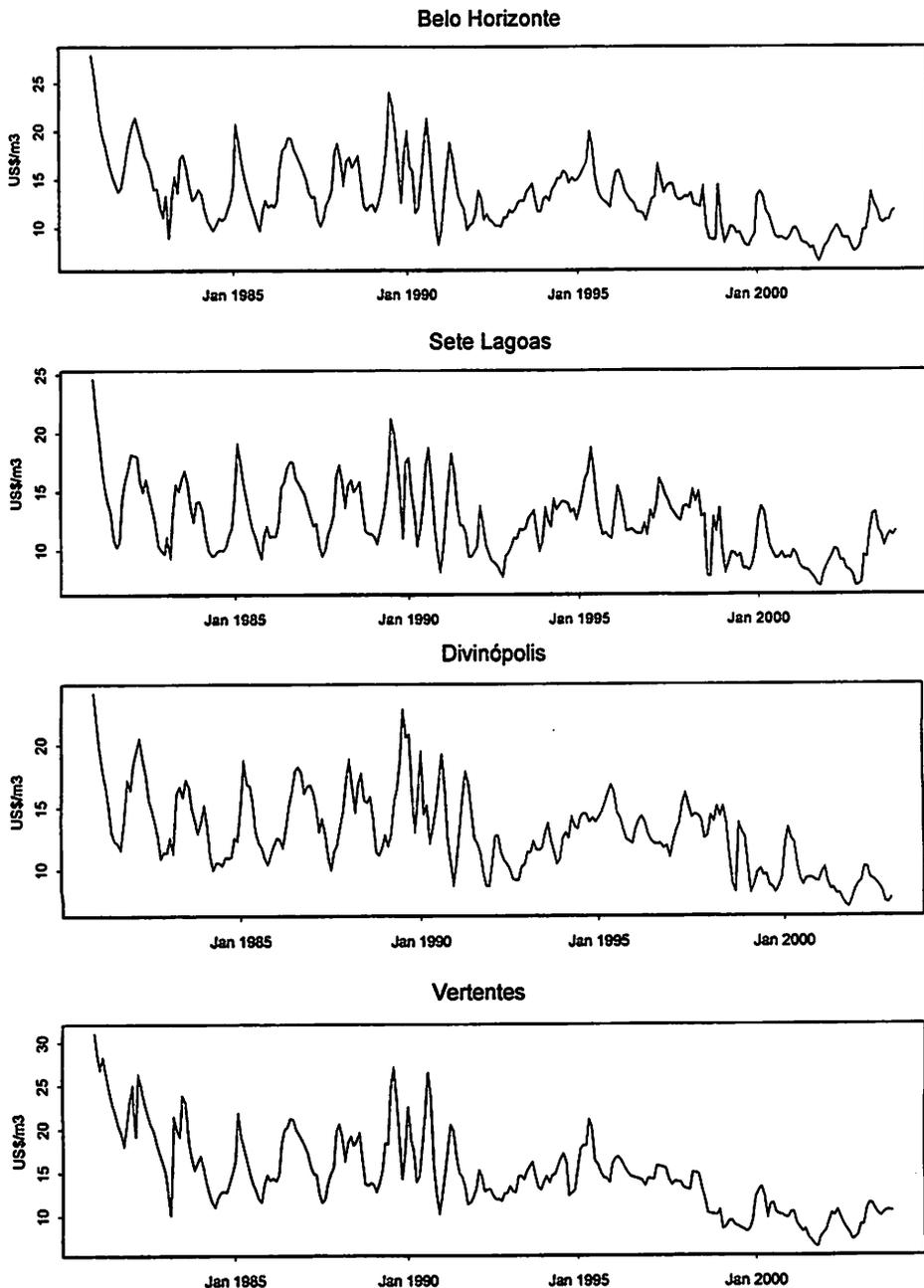


FIGURA 4.1 - Comportamento dos preços reais do carvão vegetal em Belo Horizonte, Sete Lagoas, Divinópolis e Vertentes (US\$/m³) no período de 1981 a 2003 (Base 1982/1984 = 100).

A diferença entre as séries de preço das regiões estudadas pode ser verificada através das análises de domínio do tempo, com a ACF e PACF. O comportamento destas funções indica o modelo a ser utilizado, bem como auxilia no uso dos testes de raízes unitárias para confirmar a estacionariedade.

A Figura 4.2 apresenta ACF dos preços do metro cúbico de carvão vegetal. Nota-se que nas ACF's ocorre uma mistura exponencial e de forma senoidal, típico do processo auto-regressivo, comprovando que a série não é estacionária, constando efeitos de sazonalidade no número de defasagens de k , também conhecido como "lag".

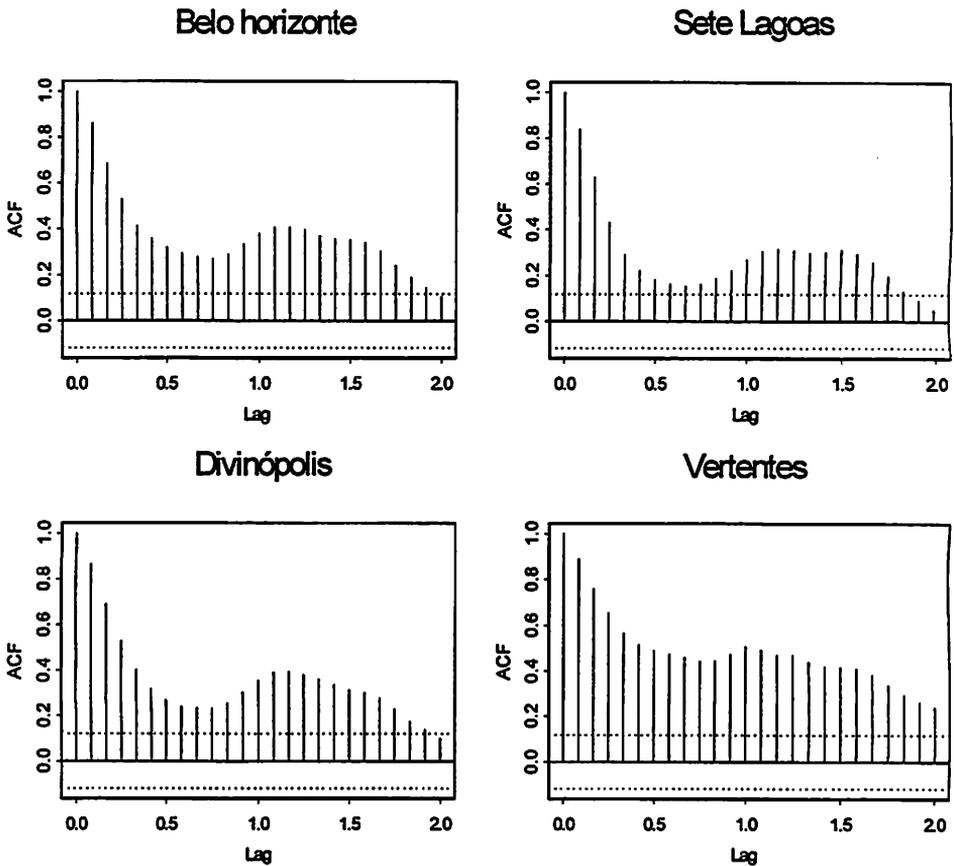


FIGURA 4.2 - Função de Autocorrelação (ACF) das séries de preço do carvão vegetal, das quatro regiões consumidoras em Minas Gerais.

Observa-se que os comportamentos das defasagens podem diferenciar as regiões estudadas. Nota-se que em Vertentes seus valores estão mais autocorrelacionados, devido à suavidade da forma senoidal mostrada na Figura 4.2. A região de Divinópolis apresenta preços abaixo da média e possui ACF semelhante à ACF de Belo Horizonte. Já a região de Sete Lagoas apresenta autocorrelação menor que as demais regiões estudadas. Assim, as análises feitas através da ACF indicam que as quatro regiões apresentam não estacionariedade.

Depois de verificadas as ACF's, foram verificadas as PACF's das quatro regiões estudadas (Figura 4.3). A PACF determina o passo do processo autoregressivo (AR). Observa-se que as PACF's das quatro regiões apresentam uma defasagem dois significativa para a parte não sazonal, fornecendo indícios de que o processo é o AR (2).

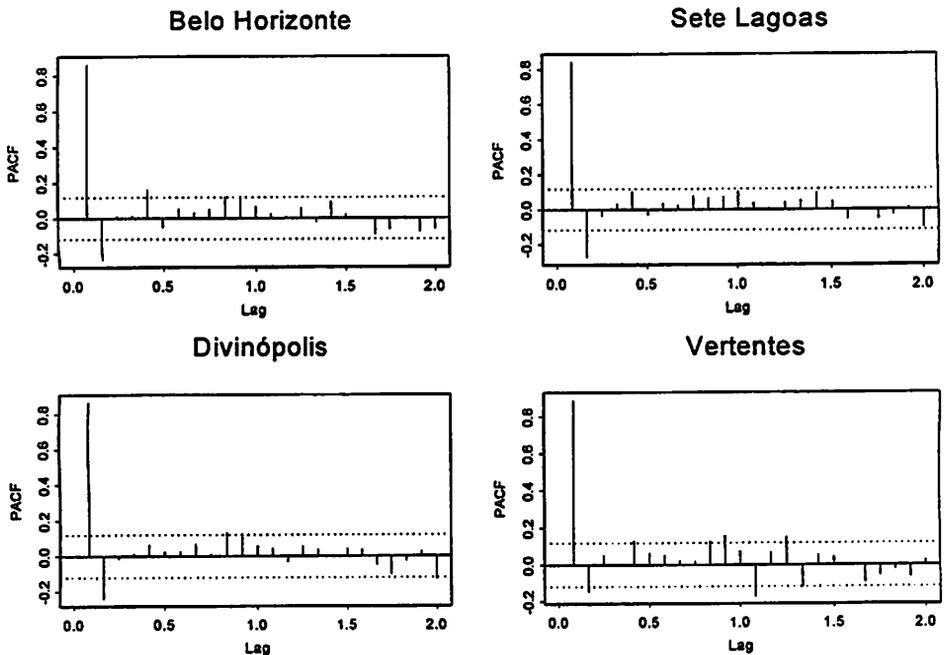


FIGURA 4.3 - Função de Autocorrelação Parcial (PACF) das séries de preço do carvão vegetal, das quatro regiões consumidoras em Minas Gerais.

As análises de domínio da frequência, fortalece-se a interpretação dos dados em estudo, através do periodograma. Analisando as densidades espectrais estimadas, foi possível ver, separadamente, as contribuições dos processos variando em diferentes velocidades em *decibel* (dB) do espectro no eixo vertical. O espectro mostra a variação nos dados originais, que é referente às oscilações para as frequências harmônicas com um intervalo de confiança de 95%.

Verifica-se, na Figura 4.4, que o periodograma apresenta todos os movimentos das séries, utilizando o comprimento da onda da banda = 0,0125511, entre os intervalos da frequência e as intensidades espectrais, variando entre -5,87588 e 17,5667 decibels (dB), com um intervalo de confiança de 95%. Assim, para as regiões estudadas, foram utilizados as mesmas intensidades e comprimentos de onda da banda.

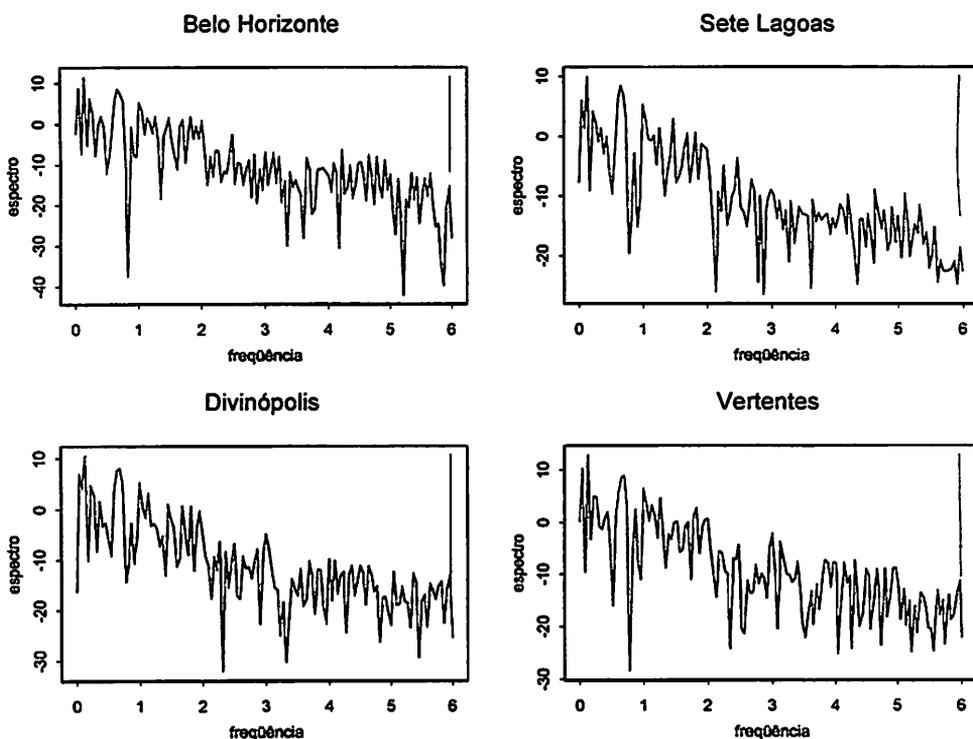


FIGURA 4.4 - Periodograma estimado das séries de preço do carvão vegetal, das quatro regiões consumidoras em Minas Gerais.

Observando o comportamento das densidades espectrais, nota-se que as séries de preços são diferentes. As oscilações espectrais, em diferentes pontos da frequência, mostram as variações das séries de preço. Contudo, pode-se observar que as séries de preços formam mercados distintos entre as regiões.

O periodograma suavizado (Figura 4.5) aumenta o comprimento de onda da banda = 0,0547089 e diminui as densidades espectrais, que varia entre -3,37614 e 5,560192 dB, com um intervalo de confiança de 95%.

Assim, da mesma forma que foi verificado no periodograma a diferença entre regiões, com o periodograma suavizado, podem ser vistas com mais clareza as flutuações das regiões.

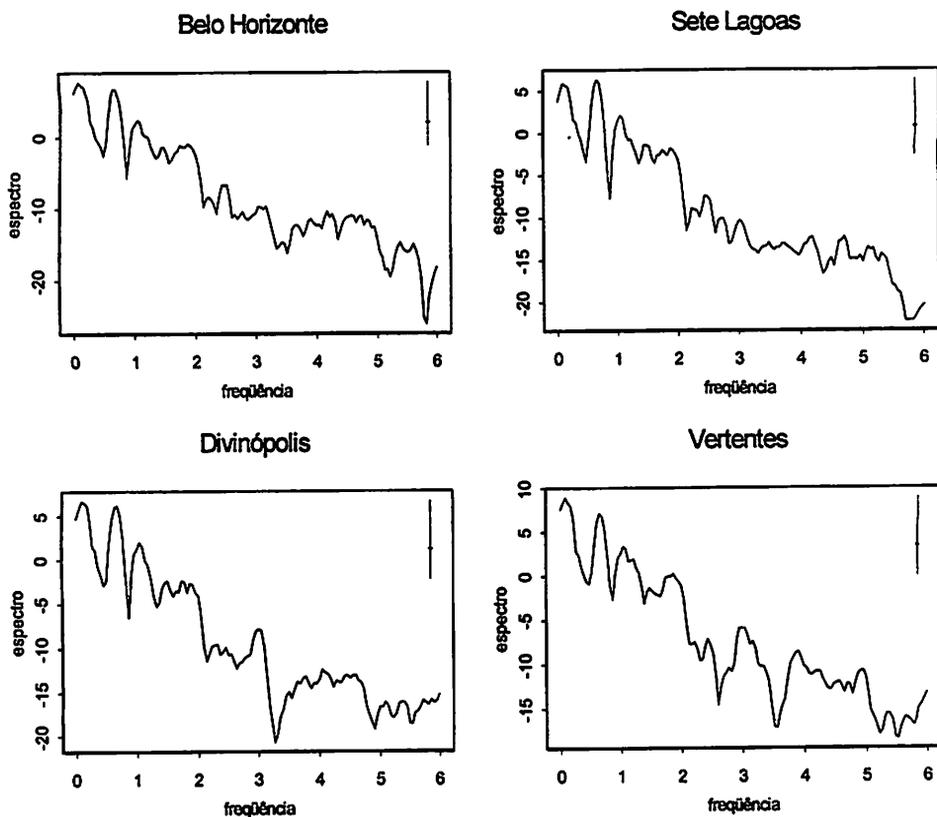


FIGURA 4.5 - Periodogramas suavizados das séries de preço do carvão vegetal, das quatro regiões consumidoras em Minas Gerais.

Como a séries de preço de carvão vegetal das quatro regiões estudadas são não estacionárias, foi necessário processar uma transformação de 1ª diferença nos dados para verificar a parte sazonal através da Função de Autocorrelação, que apresentou os lag 12 significativo, ou seja, fora do intervalo de significância.

A partir dessa transformação, a Função de Autocorrelação (ACF) e a Função de Autocorrelação Parcial (PACF) se convergiram de forma exponencial. Foram pré-selecionados os modelos SARIMA (1,1,2)x(2,1,0)₁₂, SARIMA (2,0,0)x(0,1,1)₁₂, SARIMA (1,1,2)x(1,0,0)₁₂ e SARIMA (2,1,1)x(1,0,0)₁₂ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA (1,1,2)x(2,1,0)₁₂, para Belo Horizonte, onde,

$$Y_t = \frac{(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t}{(1 - \phi_1 B)(1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24})(1 - B)(1 - B^{12})}$$

Os parâmetros estimados que satisfizeram as condições de estacionariedade e invertibilidade das condições de ruído branco, estão na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA (1,1,2)x(2,1,0)₁₂, para Belo Horizonte.

Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão	Teste t	p-value
θ_1	-0,56509	0,09036	-6,25	<0,0001
θ_2	0,17876	0,06949	2,57	0,0101
ϕ_1	-0,2718	0,06712	-4,05	<0,0001
Φ_1	-0,69717	0,05723	-12,18	<0,0001
Φ_2	-0,37734	0,05328	-7,08	<0,0001
	AIC		1062,487	
	SBC		1080,348	

A equação do modelo SARIMA (2,1,2) x (0,1,1)₁₂ estimada para Belo Horizonte assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 + 0,56509B - 0,17876B^2) a_t}{(1 + 0,2718B)(1 + 0,69717B^{12} + 0,37734B^{24})(1 - B)(1 - B^{12})}$$

Após a estimativa do modelo, fez-se a verificação do resíduo da série ajustada, em que os erros devem ser normais e independentes. Os resíduos de ACF do modelo estimado na Figura 4.6 (b) revelaram que os resíduos apresentam comportamento aleatório sendo ruído branco, ou seja, os resíduos do ACF foram $\leq 5\%$ do intervalo de confiança.

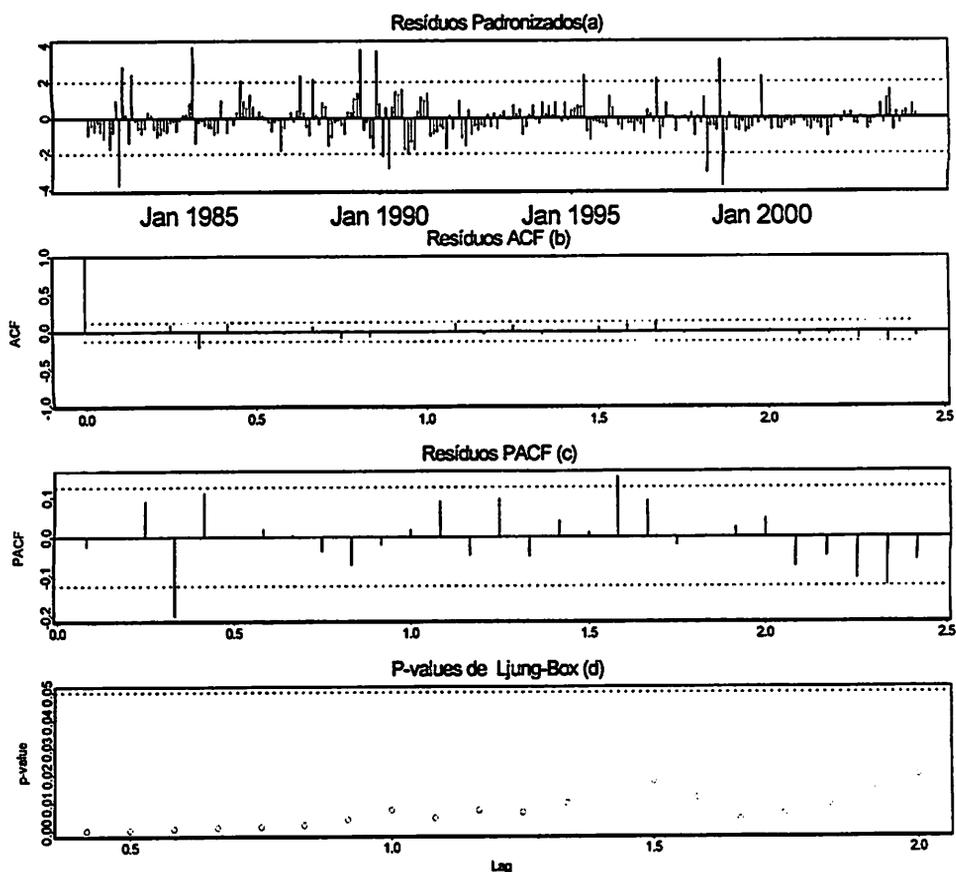


FIGURA 4.6 - Diagnóstico do modelo SARIMA (1,1,2)x(2,1,0)₁₂.

A Figura 4.6 (c) reforça a existência de ruído branco. Foi usado o teste de Box & Pierce (1970), que compara o valor da estatística de teste com os valores tabelados na distribuição do Qui-quadrado, mostrando que os resíduos estimados são significativos, assim a_t é considerado ruído branco.

Para a série de preços de Sete Lagoas, foram identificados os valores de p , d , q e P , D , Q através do domínio do tempo e domínio da frequência. Após a estimativa dos parâmetros do modelo proposto, verificou-se que o parâmetro AR (2), conforme sugerido pelas análises de ACF e PACF. Assim, os valores dos parâmetros foram estimados através do método da máxima verossimilhança. Os modelos foram pré-selecionados em: SARIMA (2,1,0)x(0,1,1)₁₂, SARIMA (2,0,1)x(0,1,1)₁₂, SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂ e SARIMA (2,0,1)x(2,1,1)₁₂ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂, isto é,

$$Y_t = \frac{(1 - \Theta_1 B^{12}) a_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24})(1 - B^{12})}$$

A estimativa dos parâmetros aceita pelo modelo se encontra Tabela 4.2:

TABELA 4.2 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂, para Sete Lagoas.

Parâmetro	Estimativa	erro padrão	Teste t	p-value
Θ_2	0,92221	0,06375	14,47	<0,0001
ϕ_1	1,14253	0,05439	21,01	<0,0001
ϕ_2	-0,31565	0,05692	-5,55	<0,0001
Φ_1	0,09849	0,0298	3,31	0,0009
Φ_2	-0,05807	0,02994	-1,94	0,0524
	AIC		957,0499	
	SBC		974,9296	

A equação do modelo SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂, para Sete Lagoas, assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 - 0,92221B^{12})a_t}{(1 - 1,14253B + 0,31565B^2)(1 - 0,09849B^{12} + 0,05807\Phi_2 B^{24})(1 - B^{12})}$$

Após a estimativa do modelo, fez-se a verificação do resíduo da série ajustada, em que os erros precisam ser normais e independentes. Os resíduos de ACF do modelo estimado (Figura 4.7 (b)) revelaram que os resíduos apresentam comportamento aleatório, constituído de ruído branco.

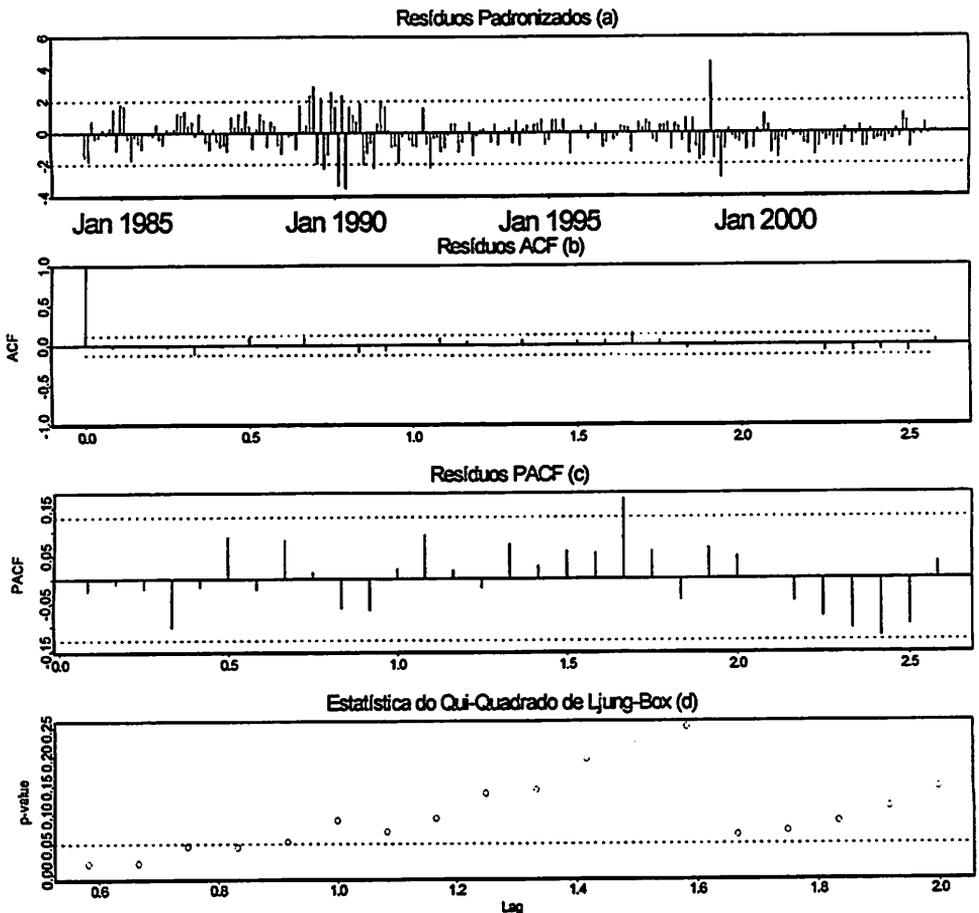


FIGURA 4.7 - Diagnóstico do modelo SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂.

De acordo com Box & Jenkins (1976) foi checado a invertibilidade do modelo, sendo uma condição necessária para que a série atenda à condição de unicidade dos parâmetros. O teste de Box & Pierce (1970) (*portmanteau test*) foi realizado e verificou-se que os resíduos podem ser considerados como ruído branco, após o ajuste do modelo (Figura 4.7 (d)).

Depois de identificado os valores da ordem do modelo, através do domínio do tempo e domínio da frequência para a região de Divinópolis, passa-se para a estimativa dos parâmetros do modelo proposto, adotando-se o parâmetro AR (2) sugerido pelas análises. Logo, os valores dos parâmetros foram estimados através do método da máxima verossimilhança. Os modelos pré-selecionados foram: SARIMA (2,1,1)x(2,0,1)₁₂, SARIMA (2,0,0)x(0,1,1)₁₂, SARIMA (1,0,1)x(2,1,1)₁₂ e SARIMA (2,0,0)x(2,1,1)₁₂ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA (1,0,1)x(2,1,1)₁₂, isto é,

$$Y_t = \frac{(1 - \theta_1 B)(1 - \Theta_1 B^{12}) a_t}{(1 - \phi_1 B)(1 - \Phi_1 B^{12} - \Phi_2 B^{24})(1 - B^{12})}$$

A equação do modelo SARIMA (1,0,1)x(2,1,1)₁₂ assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 + 0,10174B)(1 - 0,88795\Theta_1 B^{12}) a_t}{(1 - 0,86055B)(1 - 0,10661B^{12} + 0,10674B^{24})(1 - B^{12})}$$

A estimativa dos parâmetros do modelo estão apresentados na Tabela 4.2. Após a estimativa do modelo, faz-se a verificação do resíduo da série ajustada, em que os erros precisam de ser normais e independente. Os resíduos da ACF do modelo estimado (Figura 4.8 (b)) revelaram que os resíduos apresentam comportamento aleatório, constituído de ruído branco.

TABELA 4.3 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA $(1,0,1) \times (2,1,1)_{12}$, para Divinópolis.

Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão	Teste t	p-value
θ_1	-0,10174	0,04469	-2,28	0,0228
Θ_1	0,88795	0,0594	14,95	<0,0001
ϕ_1	0,86055	0,03135	27,45	<0,0001
Φ_1	0,10661	0,0314	3,4	0,0007
Φ_2	-0,10674	0,02919	-3,66	0,0003
AIC			930,486	
SBC			948,366	

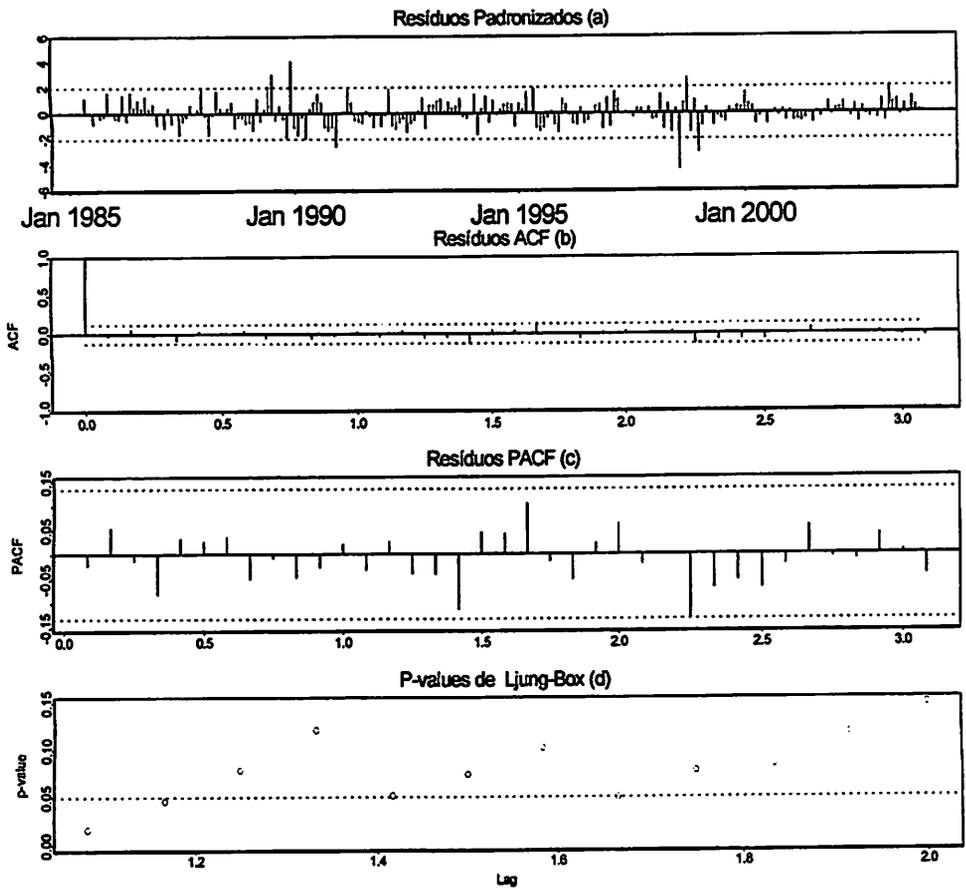


FIGURA 4.8 - Diagnóstico do modelo SARIMA $(1,0,1) \times (2,1,1)_{12}$.

De acordo com Box & Jenkins (1976) foi checado a invertibilidade do modelo, sendo uma condição necessária para que a série atenda à condição de unicidade dos parâmetros. O teste de Box & Pierce (1970) (*portmanteau test*) foi realizado e verificou-se que os resíduos podem ser considerados como ruído branco, após o ajuste do modelo (Figura 4.8(d)).

Os valores de p, d, q e P, D, Q identificados para a região de Vertentes através do domínio do tempo e domínio da frequência. Os valores dos parâmetros do modelo proposto foram estimados através do método da máxima verossimilhança. Dentre os modelos pré-selecionados foram: SARIMA (1,0,0)x(0,1,1)₁₂, SARIMA (1,0,1)x(0,1,1)₁₂, SARIMA (2,0,0)x(0,1,1)₁₂ e SARIMA (2,0,0)x(1,1,1)₁₂ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA (1,0,0)x(0,1,1)₁₂, isto é,

$$Y_t = \frac{(1 - \Theta_1 B^{12}) a_t}{(1 - \phi_1 B)(1 - B^{12})}$$

A estimativa dos parâmetros aceita pelo modelo é apresentada na Tabela 4.3.

TABELA 4.4 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA (1,0,0)x(0,1,1)₁₂, para Vertentes.

Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão	Teste t	p-value
Θ_1	0,80439	0,0467	17,22	<0,0001
ϕ_1	0,9073	0,0282	32,18	<0,0001
	AIC		1088,835	
	SBC		1095,986	

A equação do modelo SARIMA (1,0,0)x(0,1,1)₁₂ assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 - 0,80439B^{12})a_t}{(1 - 0,9073B)(1 - B^{12})}$$

Após a estimativa do modelo, faz-se a verificação do resíduo da série ajustada, em que os erros devem ser normais e independente sugeridos por Box & Jenkins (1976). Os resíduos de ACF do modelo estimado na Figura 3.9 (b) revelam que os resíduos apresentam comportamento aleatório, constituído de ruído branco.

A Figura 4.9 (d) reforça a existência de ruído branco nos resíduos. Após a utilização do teste de Ljung-Box, não se rejeita, para qualquer “lag”, ou defasagem de k , a hipótese de erros não correlacionados.

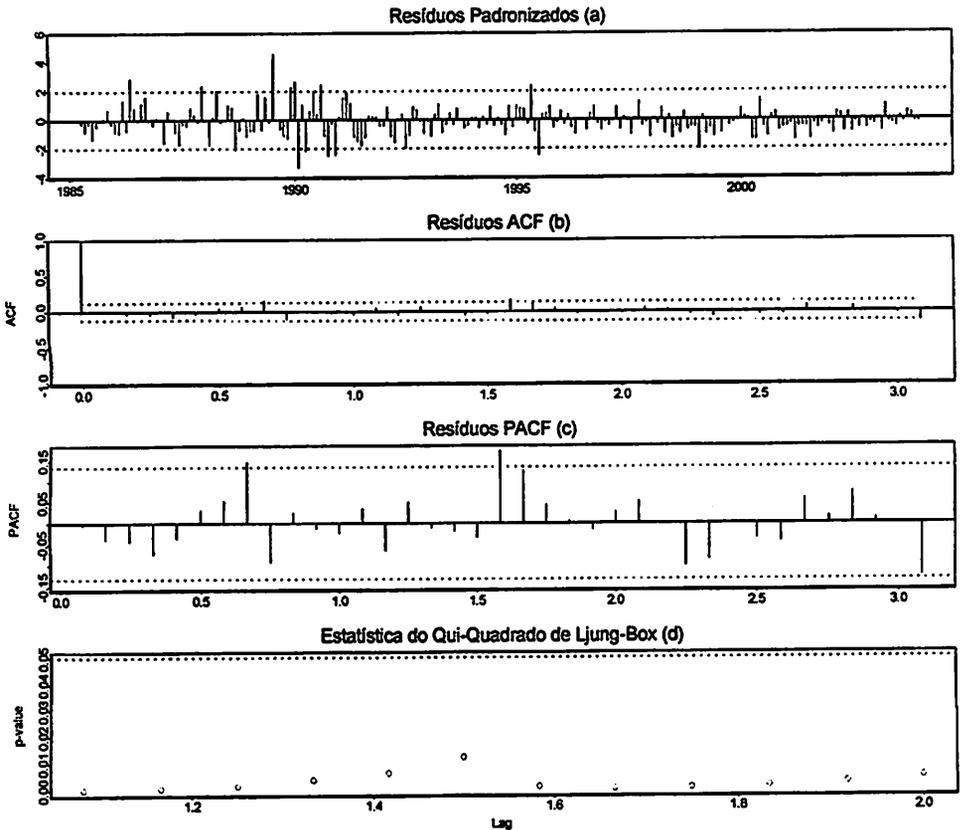


FIGURA 4.9 - Diagnóstico do modelo SARIMA (1,1,1)x(1,1,1)₁₂.

As previsões para as quatro regiões estudadas estão apresentadas nas Figuras 4.10 e nas Tabelas 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8. Projetou-se para 9 períodos adiantes, isto é, previsões para o ano de 2004. As Figuras mostram as respectivas séries de cada região com previsões de janeiro a setembro de 2004 e com os respectivos intervalos de confiança (95%), com base no período de dezembro de 2003, que corresponde a $t = 276$.

Verificando as projeções futuras do modelo SARIMA $(1,1,2) \times (2,1,0)_{12}$ e comparando com os valores reais (Tabela 4.5), certifica-se que as previsões foram boas, estando entre limite superior e a previsão, de acordo com erro quadrado médio da previsão foi igual a 13,51, a maior variação entre o observado e as projeções foi de 38,56% em abril.

TABELA 4.5 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2004 em Belo Horizonte.

Mês	Observado	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/04	12,08	12,56	1,778	9,08	16,05
fev/04	14,32	13,14	2,906	7,44	18,83
mar/04	15,89	13,38	3,439	6,64	20,12
abr/04	19,78	14,27	3,961	6,51	22,04
mai/04	18,42	14,10	4,406	5,46	22,74
jun/04	17,19	13,34	4,814	3,90	22,77
jul/04	15,87	12,83	5,189	2,66	23,00
ago/04	16,73	12,71	5,539	1,85	23,56
set/04	17,09	12,15	5,868	0,65	23,65

As projeções futuras do modelo SARIMA $(2,0,0) \times (2,1,1)_{12}$ comparado com os valores reais (Tabela 4.6), certifica-se que as previsões foram boas, de acordo com erro quadrado médio da previsão foi igual a 16,02. A maior variação entre o observado e as projeções foi de 48,95% em abril, que extrapolou o limite superior das projeções.

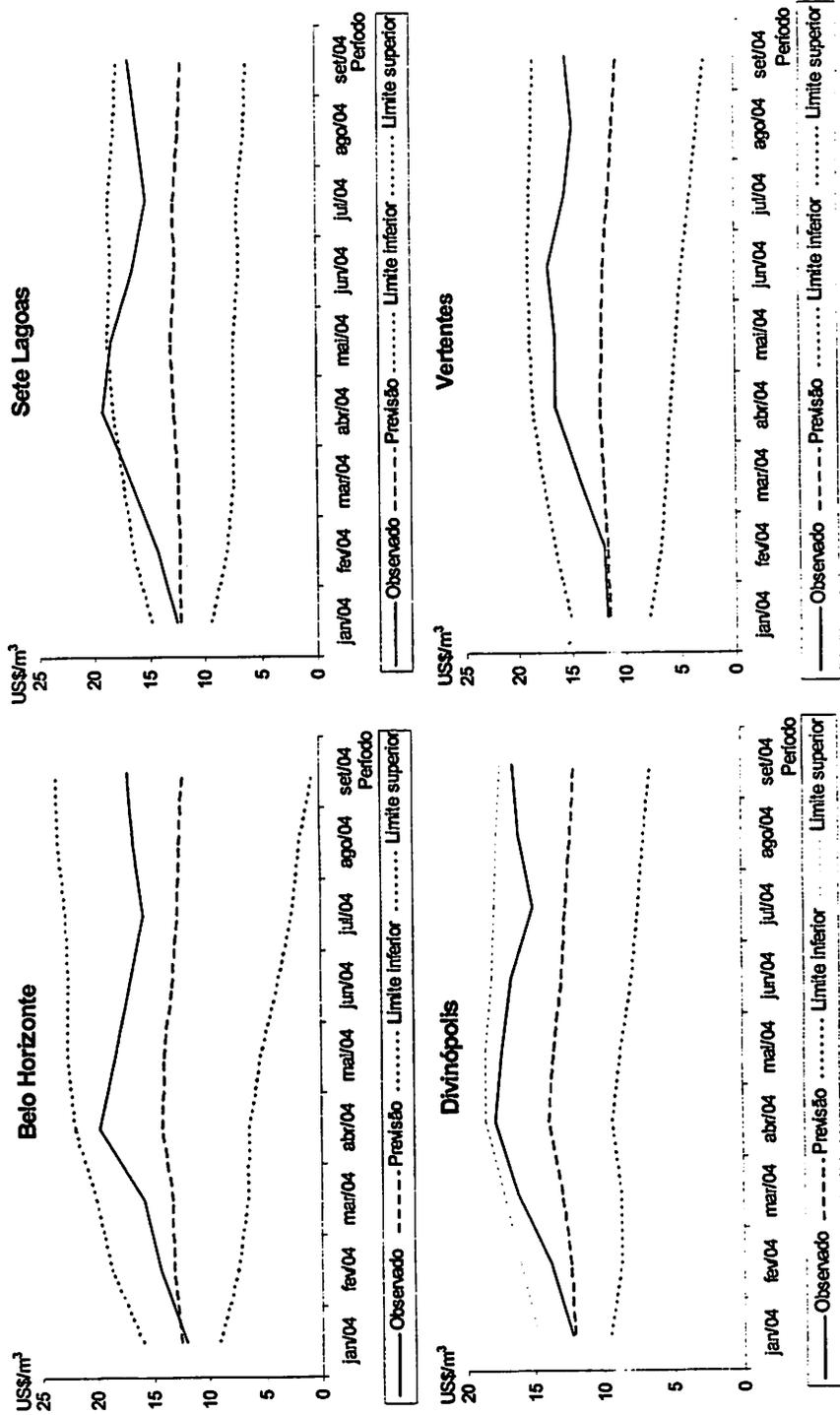


FIGURA 4.10 - Previsão para o ano de 2004 das séries de preços de carvão vegetal para as quatro regiões.

TABELA 4.6 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2004 em Sete Lagoas.

Mês	Real	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/04	12,51	12,29	1,404	9,54	15,04
fev/04	14,21	12,29	2,131	8,11	16,47
mar/04	16,59	12,45	2,544	7,47	17,44
abr/04	19,16	12,86	2,764	7,44	18,28
mai/04	18,40	13,09	2,876	7,46	18,73
jun/04	16,55	12,72	2,932	6,97	18,46
jul/04	15,19	12,88	2,959	7,08	18,68
ago/04	15,95	12,29	2,972	6,47	18,12
set/04	16,72	12,03	2,978	6,19	17,86

Verificando as projeções futuras do modelo SARIMA $(1,0,1) \times (2,1,1)_{12}$ e comparando com os valores reais (Tabela 4.7), certifica-se que as previsões foram boas, estando entre limite superior e a previsão. O erro quadrado médio da previsão foi igual a 10,56 e a maior variação entre o observado e as projeções foi de 38,28% em setembro.

TABELA 4.7 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2004 em Divinópolis.

Mês	Observado	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/04	12,24	12,17	1,337	9,55	14,79
fev/04	13,79	12,38	1,855	8,75	16,02
mar/04	16,25	12,98	2,160	8,75	17,22
abr/04	17,89	13,97	2,361	9,34	18,60
mai/04	17,32	13,65	2,499	8,75	18,55
jun/04	16,65	13,03	2,597	7,94	18,12
jul/04	15,01	12,68	2,667	7,45	17,90
ago/04	16,06	12,30	2,718	6,97	17,62
set/04	16,50	11,93	2,754	6,53	17,33

Verificando as projeções futuras do modelo SARIMA (1,0,0)x(0,1,1)₁₂ e comparando com os valores reais (Tabela 4.8), certifica-se que as previsões foram boas, estando entre limite superior e a previsão, de acordo com erro quadrado médio da previsão foi igual a 13,25, a maior variação entre o observado e as projeções foi de 26,24% em junho.

TABELA 4.8 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2004 em Vertentes.

Mês	Observado	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/04	11,68	11,58	1,847	7,96	15,20
fev/04	11,98	11,77	2,494	6,88	16,66
mar/04	14,31	12,09	2,921	6,37	17,82
abr/04	16,51	12,37	3,230	6,04	18,70
mai/04	16,56	12,26	3,464	5,47	19,05
jun/04	17,17	12,04	3,646	4,90	19,19
jul/04	15,59	11,55	3,789	4,12	18,97
ago/04	14,84	11,15	3,902	3,51	18,80
set/04	15,47	10,75	3,993	2,92	18,57

Foram feitos os testes dos parâmetros dos modelos entre as regiões, que a necessidade de apresentar modelos diferenciados para cada região (Tabela 4.9).

TABELA 4.9 - Teste “t” para validação dos modelos entre regiões.

Parâmetros	Regiões	Sete Lagoas	Divinópolis	Vertentes
ϕ_1	Belo Horizonte	26,00349	36,11962	41,81206
ϕ_1	Sete Lagoas		5,184409	4,324876
ϕ_1	Divinópolis			-1,49123
Θ_1	Divinópolis			1,406734

Assim, verificou-se que os parâmetros dos modelos apresentados são significativos para as regiões. As regiões de Divinópolis e Vertentes

apresentaram parâmetros não significativos, mas devido a região de Divinópolis apresentou um numero maior de parâmetros, em que representa num modelo diferenciado da região de Vertentes.

7 CONCLUSÕES

A partir das análises feitas neste trabalho, chegou-se as seguintes conclusões:

1. As diferenças de preços do carvão vegetal das quatro regiões se dão, basicamente, pela localização de cada região;
2. As análises de domínio do tempo e domínio da frequência mostraram que os mercados das quatro regiões estudadas são distintos;
3. As regiões de Sete Lagoas e Belo Horizonte, por serem próximas, possuem preços semelhantes mas geraram modelos específicos;
4. Os modelos que forneceram os melhores ajustes para as séries observadas foram o SARIMA $(1,1,2) \times (2,1,0)_{12}$ para Belo Horizonte; o SARIMA $(2,0,0) \times (2,1,1)_{12}$, para Divinópolis; o SARIMA $(1,0,1) \times (2,1,1)_{12}$, para Sete Lagoas e o SARIMA $(1,0,0) \times (0,1,1)_{12}$ para Vertentes;
5. Todos os modelos SARIMA $(p,d,q) (P,D,Q)_s$ para as quatro regiões estudadas, apresentaram ruído branco;
6. As projeções dos modelos SARIMA $(p,d,q) (P,D,Q)_s$ das quatro regiões, foram satisfatórios.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAVE. Anuário estatístico, Belo Horizonte, 1976-2004.

- AKAIKE, H. On entropy maximization principle. In: KRISHNAIAH, P. R. (Ed.). **Application of statistics**. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland, 1977. 27-41 p.
- BLOOMFIELD, P. **Fourier analysis of times series: an introduction**. New York: John Wiley, 1976.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis: forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976.
- 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.
- BRASIL. Banco Central do Brasil. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/séries/historicas>>. Acesso em: 15 mar. 2004.
- BUREAU OF LABOR STATISTIC. **Consumer price index**. U. S. Department of Labor: Washington, D. C. Disponível em: <<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.request/cpi/cpiat.txt>>. Acesso em: 07 abr. 2004.
- FISCHER, S. **Séries univariantes de tempo metodologia de Box e Jenkins**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 1982. 186 p.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987. 436 p.
- PAULA, R. Z. A. Indústria em Minas Gerais: origem e desenvolvimento. In: SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, 10., 2004, Diamantina. Disponível em: <www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/textos/d13.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2004.
- 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 Arvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 57-67, jan./mar. 1996.
- VENABLE, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern applied statistic with S-PLUS**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1999. 501 p.

CAPÍTULO 5

1 RESUMO

COELHO JUNIOR, L. M. **Análise dos Preços do Carvão Vegetal Oriundo de Floresta Nativa e de Floresta Plantada**. Lavras: UFLA, 2004. Cap. 5, p. 132-153. Dissertação – (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

O carvão vegetal é um insumo energético usado na produção de ferro-gusa e aço, como termo-redutor, podendo ser obtido de reflorestamento, ou de floresta nativa. O carvão vegetal oriundo de floresta plantada e de origem nativa possuem algumas características técnicas e econômicas próprias que podem diferenciar seus preços. Pretendeu-se neste estudo analisar as séries históricas dos preços do carvão de origem plantada e de origem nativa no período de janeiro de 1999 a abril de 2004. Para análise das séries, considerou-se o modelo de séries temporais, com o objetivo de encontrar modelos que forneçam melhores previsões e verificar se há diferença de tendência e sazonalidade entre as séries estudadas. A obtenção do modelo mais adequado para os preços de carvão vegetal oriundo de floresta plantada e nativa foi baseada nas análises gráficas, testes estocásticos e critérios de avaliação da ordem do modelo. Entre os modelos ajustados para os preços do carvão de origem plantada, o SARIMA $(2,1,2)(0,1,0)_{12}$ proporcionou melhor ajuste, enquanto para os preços do carvão de origem nativa, o SARIMA $(0,1,2)(0,1,0)_{12}$ proporcionou melhor ajuste, demonstrando diferenças na tendência entre as séries.

Comitê Orientador: José Luiz Pereira de Rezende (Orientador) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA.

CHAPTER 5

2 ABSTRACT

COELHO JUNIOR, L. M. Native Forest and Plantation Forest charcoal price analyses. Lavras: UFLA, 2004. Chap. 5, p. 132-153. Dissertation – (Master's degree in Forestry Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.

Wood charcoal is an energetic input mainly used in the pig- iron a steel production, as term-reducer. It can be obtained from plantation forest or from native forest. These two types of charcoal possess some technical and economical characteristics that may differentiate their prices. This study analyzed the historical series of charcoal prices of both planted and native forest, in the period from January 1999 to December 2004. For analyzing the time series, models of time series were used, in order to find models able of supplying better forecasts and able of verifying if there are tendency differences and seasonality among the studied series. The choice of the most appropriate model for explaining the time series of charcoal was based on the graphical analyses, stochastic tests and criteria of evaluation of the order of the model. Among the adjusted models for charcoal prices of plantation forest, SARIMA (3,1,1)(3,1,0)₁₂ provided better adjustment, while for the native forest prices, SARIMA (3,2,0)(3,1,0)₁₂ provided better adjustment, demonstrating differences in the tendency among the two price series.

Guiding committee: José Luiz Pereira de Rezende (Advisor) – UFLA, Natalino Calegário – UFLA, Antônio Donizette de Oliveira – UFLA, José Roberto Soares Scolforo – UFLA

3 INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é um insumo energético usado preponderantemente na produção de ferro-gusa e aço como termo-redutor. Ele é um resíduo da decomposição térmica, possuindo uma maior concentração de carbono do que a madeira que o originou. A produção de carvão é uma atividade milenar, obtendo alguns avanços tecnológicos nas últimas décadas, mas que ainda guarda um certo grau de primitivismo (Valente, 1987).

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 (Rezende et al., 2002).

A opção pela produção de carvão vegetal por florestas homogêneas de alto rendimento dos reflorestamentos com espécies exóticas do gênero *Eucalyptus*, 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, em que se concentrou na região sudeste.

A madeira para produção do carvão vegetal tem que ter algumas características desejáveis como forma, dimensões, umidade, densidade, homogeneidade e teor de carbono fixo, para se obter bons rendimentos no carvão vegetal (Valente, 1987). Assim, existem algumas características técnicas (físicas e químicas) e econômicas que podem diferenciar a qualidade e, conseqüentemente, os preços do carvão oriundo de floresta nativa e floresta plantada.

Dentre as características físicas, a mais importante para diferenciar o carvão de origem nativa do carvão de origem plantada é a densidade. A densidade da madeira é a relação que expressa o peso por uma unidade de volume (Vital, 1985). A floresta nativa consiste num conjunto de espécies heterogêneas, cujo carvão é de qualidade inferior. Já o carvão oriundo de floresta plantada é homogêneo proporcionando qualidade melhor e maior preço.

Segundo Vale et al. (2002), a densidade básica da lenha das espécies do cerrado variam de $0,20 \text{ g/cm}^3$ a $0,78 \text{ g/cm}^3$. A madeira de baixa densidade queima rapidamente, fornecendo carvão mais leve e em menor volume. A madeira de *Eucalyptus grandis* apresenta uma densidade de $0,42 \text{ g/cm}^3$, sendo uma grande parte das plantações utilizadas em Minas Gerais, por apresentar boa produtividade, facilidade de implantação, simplicidade no manejo e alta qualidade (Valente, 1997).

As características químicas da madeira dizem respeito à quantidade de cinzas que o carvão vegetal produz. A quantidade de cinzas é maior no carvão vegetal de origem nativa à variabilidade de espécies. As espécies menos densas carbonizam-se mais rapidamente, portanto produz maior teor de cinzas até que as mais densas carbonizem.

Os custos de produção referentes do carvão de floresta nativa e do carvão de floresta plantada são completamente diferentes. A floresta nativa (cerrado, mata atlântica) não possui custo de implantação, apenas a exploração da mesma para a produção do carvão. No segundo momento, quando há práticas de manejo, o custo existente refere-se a seleção de espécies nativas a serem utilizadas para produção do carvão vegetal. Já as florestas plantadas possuem custo de implantação, custo de manutenção e custo de exploração, o que onera os custos finais para a produção do carvão vegetal (Rezende et al., 1986).

Segundo a ABRACAVE (2001), o consumo de carvão de origem plantada superou o consumo de carvão de origem nativa em 1993-1994, quando

o carvão de origem nativa representava 56,54% e, em 1994, correspondia a 54% do total.

No final do século XX, sob pressão dos produtores independentes de carvão vegetal oriundo de floresta plantada e associações, o carvão vegetal nativo já não tinha tanta representatividade, correspondendo a 30% do consumo total em 1999, o que veio a forçar uma diferenciação nos preços (ABRACAVE, 2000). A necessidade de estudos comparativos dos preços destes produtos para subsidiar a noção do comportamento dos preços e previsões e de políticas públicas, que são de suma importância para o mercado de carvão vegetal no Estado de Minas Gerais.

4 OBJETIVOS

Este trabalho analisou as diferenças dos preços do carvão vegetal de origem de floresta nativa e plantada, no período de 1999 a 2003, como os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as diferenças dos preços do carvão vegetal oriundo de floresta plantada e floresta nativa e suas variações estacionais;
- Estimar o modelo da família ARIMA dos preços mensais de carvão vegetal oriundo de floresta plantada e floresta nativa;
- Fazer projeções futuras dos preços de carvão vegetal de origem de floresta nativa e plantada para o ano de 2004.

5 MATERIAL E MÉTODOS

As séries estudadas para análise são séries históricas de preços médios mensais pagos por metro cúbico de carvão vegetal oriundos de floresta nativa (CVN) e floresta plantada (CVP) no Estado de Minas Gerais, no período de

janeiro de 1999 a dezembro de 2003, obtidos no Anuário Estatístico da ABRACAVE, através de modelos univariados.

Os dados foram convertidos em dólar americano, comercial oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800) (Brasil, 2004), a preço de venda, e deflacionados pelo *Consumer Price Index* (CPI), ano base de 1982-1984 = 100, obtido do Bureau of Labor Statistics (2004), para ambas as séries.

Os preços são considerados como série temporal. Uma série temporal $\{Y_t, t = 1, 2, \dots, n\}$ é definida como um conjunto de observações de uma variável dispostas seqüencialmente no tempo, Morettin & Tolo (1987). Wold (1938) afirma que uma série temporal possui os seguintes componentes: tendência (T), sazonalidade (S) e variações irregulares ou aleatórias (a_t). Dadas às observações de uma variável (Y) que evolui no tempo (t), são as ações conjuntas que determinam estes movimentos, em

$$Y_t = f(T_t, S_t) + a_t$$

em que a tendência (T_t) resulta de um complexo de causas em que a série preços atua continuamente num mesmo sentido ao longo do tempo; a sazonalidade (S_t) é a flutuação provocada com certa regularidade dentro do período anual, por exemplo, pelas variações climáticas; e a componente aleatória ou irregular (a_t) são causadas por fatores exógenos, incluindo os fatores catastróficos, como guerra e epidemias, planos de governo e por fatores aleatórios. A hipótese normal é que a_t seja uma porção não-controlável do modelo, chamado normalmente de ruído branco (*white noise*).

O método utilizado foi preconizado por Box & Jenkins (1976) e o modelo utilizado foi o Auto-Regressivo Integrado Média Móvel Sazonal SARIMA (p,d,q) x (P,D,Q)_s, que fornece um número maior de parâmetros devido aos efeitos sazonais. O método é empregado para ajustar um modelo para o

resíduo através de uma série estacionária. Para isso, foi considerado o processo Auto Regressivo – Média Móvel de ordem p e q , [ARMA(p,q)] definido por

$$Y_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

em que $\phi_i, (i = 1, 2, \dots, p)$ são parâmetros auto-regressivos do modelo; $\theta_j, (j = 1, 2, \dots, q)$ são parâmetros do modelo de médias móveis e a_t é o ruído branco. Dada uma série não estacionária, com algumas transformações nos dados, tais como cálculo da 1ª ou 2ª diferença, pode-se chegar a uma série estacionária, sobre a qual a metodologia pode ser aplicada.

Para identificar a ordem dos parâmetros, o modelo foi submetido a duas aproximações fundamentais, para a análise de séries temporais, analisadas graficamente e numericamente: a análise no **domínio do tempo** e a análise no **domínio da frequência**. A análise no **domínio do tempo** caracteriza os dados da série nos mesmos termos em que são observados e reportados, utilizando a Função de Autocorrelação (ACF), sendo a correlação e a covariância

$$\rho_t = \text{corr} (X_t, X_{t+\tau}), \quad \gamma_t = \text{cov} (X_t, X_{t+\tau}) = E (X_t, \mu) (X_{t+\tau}, \mu)$$

A análise no **domínio da frequência** representa as séries de dados em termos de contribuições, ocorrendo em diferentes escalas temporais, ou frequências características para se verificar a periodicidade da série. A ferramenta básica para calcular a densidade espectral é o periodograma (Bloomfield, 1976). Para uma frequência ω , computa-se a correlação quadrada efetiva entre a série e a frequência ω , que ondula seno/cosseno por

$$I(\omega) = \left| \sum_{t=1}^n e^{-i\omega t} X_t \right|^2 / n = \frac{1}{n} \left[\left\{ \sum_{t=1}^n X_t \text{sen}(\omega t) \right\}^2 + \left\{ \sum_{t=1}^n X_t \text{cos}(\omega t) \right\}^2 \right]$$

em que

$I(\omega)$ = periodograma,

$\omega = \frac{2\pi}{n}$ = frequência fundamental ou ciclo completo,

n = número de observações,

X_t = série variando durante um período de tempo,

$t = 1, \dots, n$

Estes dois domínios foram analisados graficamente e numericamente com o intuito de identificar as ordens dos parâmetros utilizados no modelo SARIMA $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$. Em seguida foram estimados os parâmetros do modelo através do método da Máxima Verossimilhança para todas as possíveis combinações para $p, q, P, Q \leq 3$ e $d, D \leq 2$. Para verificar o melhor modelo utilizou-se o Critério de Informação de Akaike (AIC), sendo

$$AIC = -2 \ln(L) + 2(p + q)$$

a fim de se obter o mínimo valor de AIC (Akaike, 1977).

Após estimar o modelo SARIMA $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$ é necessário que seja feito o diagnóstico para verificar a validade do modelo e para testar se a série é ruído branco, ou seja, constituída de observações independentes e identicamente distribuídas, usando o teste de Box & Pierce (1970) *portmanteau test*:

$$Q_k = n \sum_1^k c_k^2$$

em que n = nº de observações; k = é o nº de "lags"; e c_k = Autocorrelação dos resíduos. O modelo é aceito se $Q \leq \chi^2(\lambda, k - N)$, em que χ^2 é o qui-quadrado, λ é o nível de significância (com um intervalo de confiança de 95%), k a ordem de defasagem e N o número de parâmetros.

As manipulações dos dados foram feitas através dos softwares Excel, SAS e S-PLUS 2000 e os métodos computacionais utilizados para modelagem da família ARIMA foram obtidos de Venable & Ripplley (1999).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5.1 apresenta os preços reais do carvão vegetal, oriundo de floresta plantada (CVP) e de floresta nativas (CVN), praticados no Estado de Minas Gerais, deflacionado pelo *Consumer Prince Index* (CPI), ano base 1982-84=100, no período de janeiro de 1999 a setembro de 2003 (Tabela 6 e Tabela 7 do anexo). Observa-se que os preços dos dois tipos de carvão vegetal possuem preços diferenciados.

Algumas características técnicas e econômicas do carvão vegetal permitem diferencia-lo pela origem, ou seja, carvão oriundo de floresta nativa e floresta plantada. Estas diferenciações determinam nos preços deste produto (Figura 5.1).

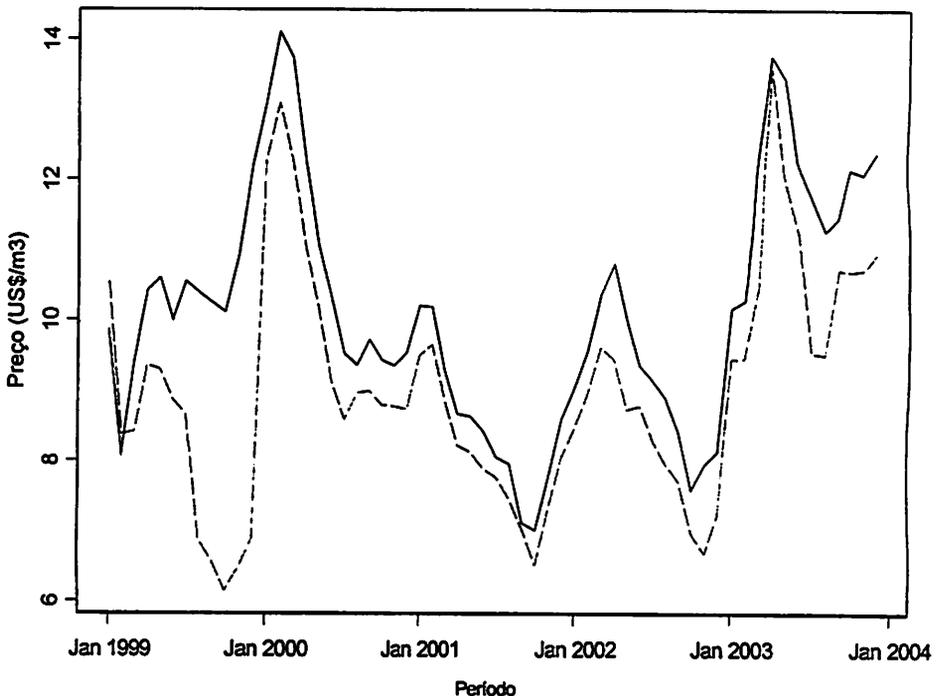


FIGURA 5.1 - Comportamento dos preços reais do CVP (linha inteira) e CVN (linha tracejada), em (US\$/m³), no período de jan/1999 a dez/2003 (Base1982/84=100).

O preço do carvão vegetal é formado num mercado oligopsônico-competitivo, constituindo uma concorrência imperfeita. Do lado da demanda, há poucas siderúrgicas e do lado da oferta há muitos produtores independentes (competitivos), fazendo com que os preços sejam manipulados pelas indústrias, basicamente.

As siderúrgicas a carvão vegetal podem ser divididas em dois segmentos: as usinas integradas e as usinas independentes. As siderúrgicas integradas, por possuírem reflorestamentos próprios sofrem menos pressão dos preços de mercado do carvão vegetal. As siderúrgicas independentes dependem mais dos preços de mercado do carvão vegetal, por depender dos produtores independentes. Elas utilizam tanto o CVP quanto o CVN como termo-redutor.

Verifica-se que existem várias oscilações de preço no período analisado, sendo os preços do CVP superiores aos preços do CVN. Este fato ocorre, devido ao CVP ser um produto de melhor qualidade (características físicas e química da madeira), conseqüentemente, seus preços são maiores que do CVN no mercado.

As séries de preços do CVP e do CVN são consideradas um modelo aditivo ($Y_t = T_t + S_t + a_t, t = 1, 2, \dots, n$), que apresentam variações periódicas e tendência, aparentemente, crescente. As diferenças de preço entre o CVP e o CVN podem ser comprovadas através das análises de domínio do tempo e domínio da frequência.

As análises das funções de Autocorrelação (ACF) e Autocorrelação Parcial (PACF) auxiliam na diferenciação dos preços CVP e CVN, que verifica a estacionariedade da série e define o modelo apropriado para as mesmas. Por meio da ACF da série original, apresentada na Figura 5.2, verificou-se que a série de CVP apresenta queda, confirmando que a série não é estacionária, pois as estimativas da autocorrelação não tendem, rapidamente, a zero.

Já a ACF da série original dos preços CVN revela um comportamento senoidal, típico de um processo auto-regressivo. Por outro lado, permite

certificar a correção da hipótese de existência da sazonalidade, uma vez que, dada à escala do gráfico, é visível uma flutuação cíclica em seus valores, quando se aumenta o número de defasagens, ou seja, os “lags”.

Portanto, comparando os gráficos das ACF, das CVP e das CVN verificou-se que as séries de preços são completamente diferentes em seus valores defasados.

Da mesma forma, os gráficos da PACF do CVP e do CVN foram analisados para que os modelos possam ser mais bem ajustados (Figura 5.2). A análise desta função CVP mostra que é necessário um ajuste auto-regressivo de ordem 2, AR (2). Já a PACF do CVN apresentou um ajuste de modelo auto-regressivo de ordem 2, AR (2). Para verificar a parte não sazonal, foi necessário eliminar o efeito da tendência, utilizando a diferença para que a série possa se tornar estacionária. Assim, as análises de domínio do tempo mostram que as duas séries possuem processos autoregressivos diferenciados.

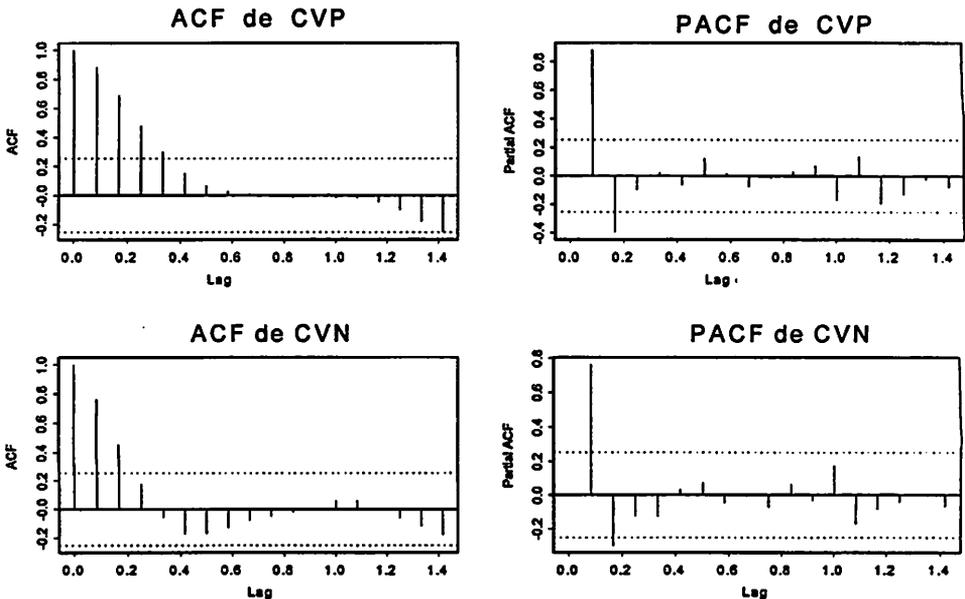


FIGURA 5.2 - Função de Autocorrelação (ACF) e Função de Autocorrelação Parcial (PACF) das séries dos preços do CVP e do CVN em Minas Gerais.

As séries, também, foram submetidas à análise de domínio da frequência, que fortalece a interpretação dos dados em estudo no campo matemático, através do periodograma. A Figura 5.3 mostra os periodogramas e os periodogramas suavizados das séries de preços do CVP e do CVN, para o periodograma, que apresenta todos os movimentos da série estudada.

Para ambas as séries foram aplicadas as mesmas intensidades espectrais, variando entre $-5,87588$ e $17,5667$ decibels (dB) nos intervalos espectrais e, com um comprimento da onda da banda = $0,0577349$, entre os intervalos da frequência, adotando intervalo de confiança de 95%.

Observa-se, na Figura 5.3, que o periodograma da série de preço do CVN sofre mais oscilações nos preços do que a série de preço do CVP. Suavizando o periodograma, eliminam-se todos os efeitos aleatórios e da sazonalidade.

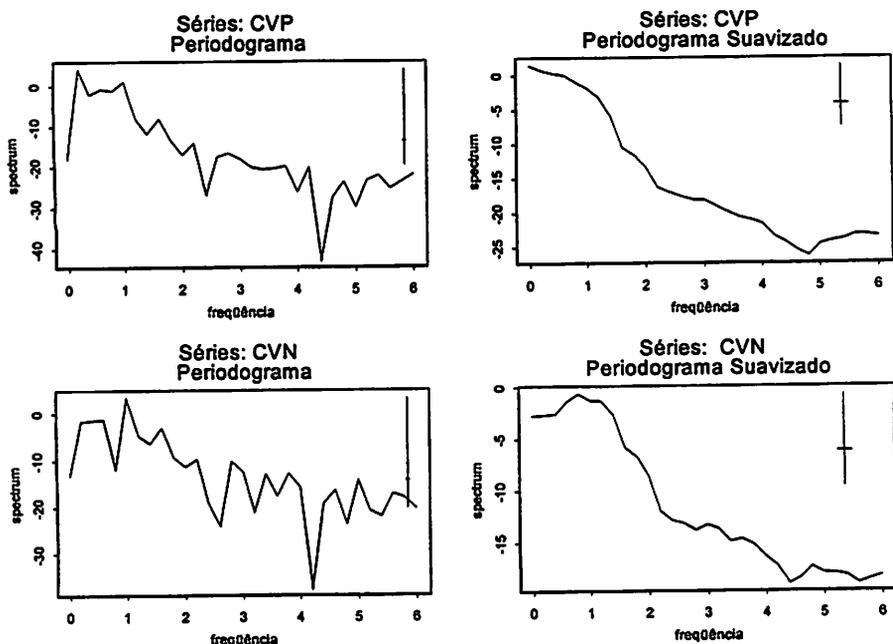


FIGURA 5.3 - Densidade espectral estimada das séries de preço de CVP e CVN em Minas Gerais.

O periodograma suavizado aumenta-se o comprimento da onda da banda para 0,251661 e as densidades espectrais variam entre -3,37614 e 5,56019 dB, com um intervalo de confiança de 95%, para ambas séries, indicando que são necessários modelos distintos.

Após a identificação da primeira diferença, transforma-se a série original em uma série diferenciada, ou seja, a série sazonalmente ajustada e sem a tendência $a_t = Y_t - T_t$, representada na Figura 5.4.

Como as séries do CVP e do CVN originais são não estacionárias (ou seja, os preços não variavam em torno de uma média constante) e possui sazonalidade, foi necessário aplicar a 1ª diferença nos dados para verificar a parte sazonal através da Função de Autocorrelação, o que pode ser visualizado pelo resultado no lag 12 (significativo), ou seja, fora do intervalo de significância representado pela linha pontilhada, para verificar a parte sazonal através da Função de Autocorrelação apresentada na Figura 5.4.

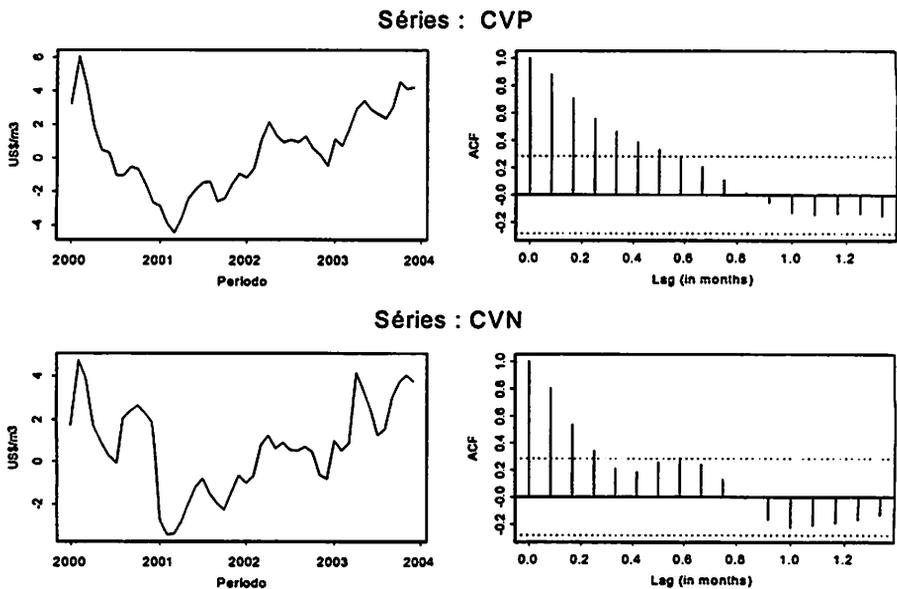


FIGURA 5.4 - Gráfico das séries de preços CVP e CVN sem a presença da tendência e suas respectivas funções de Autocorrelação.

Uma vez identificado os valores de p, d, q e P, D, Q através do domínio do tempo e domínio da frequência para as séries, mostrou que se necessita de modelos diferenciados.

A estimativa dos parâmetros dos modelos propostos, separadamente, foram estimados e diagnosticados, mostram que o processo AR (2) da série CVP, conforme sugerido pelas análises de ACF e PACF.

Os valores dos parâmetros, da série CVP, foram estimados através do método da máxima verossimilhança. Os modelos foram pré-selecionados em: SARIMA (2,0,2)x(0,1,0)₁₂, SARIMA (1,1,0)x(1,1,0)₁₂, SARIMA (2,1,2)x(0,1,0)₁₂ e SARIMA (0,1,1)x(1,1,0)₁₂ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA (2,1,2)x(0,1,0)₁₂, isto é,

$$Y_t = \frac{(1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2) a_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B)(1 - B^{12})}$$

A estimativa dos parâmetros aceita pelo modelo são apresentados na Tabela 5.1.

TABELA 5.1 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA (2,1,2)x(0,1,0)₁₂, para CVP.

Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão	Teste t	p-value
θ_1	-1,41375	0,20603	-6,86	<0,0001
θ_2	-0,93141	0,22194	-4,2	<0,0001
ϕ_1	-0,8945	0,21964	-4,07	<0,0001
ϕ_2	-0,49929	0,20935	-2,38	0,0171
	AIC		127,0487	
	SBC		134,4493	

A equação do modelo SARIMA (2,1,1)x(0,1,0)₁₂, para CVP Lagoas assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 + 1,41375B^1 + 0,93141B^2)a_t}{(1 + 0,8945B + 0,49929B^2)(1 - B)(1 - B^{12})}$$

Após a estimativa do modelo, faz-se a verificação do resíduo da série ajustada, em que os erros devem ser normais e independentes. Os resíduos de ACF do modelo estimado na Figura 5.5 (b) revelaram que os resíduos apresentam comportamento aleatório, constituído de ruído branco.

De acordo com Box & Jenkins (1976), foi checado a invertibilidade do modelo, sendo esta uma condição necessária para que a série atenda à condição de unicidade dos parâmetros. O teste de Box & Pierce (1970) (*portmanteau test*) foi realizado e verificou-se que os resíduos podem ser considerados como ruído branco, após o ajuste do modelo (Figura 5.5).

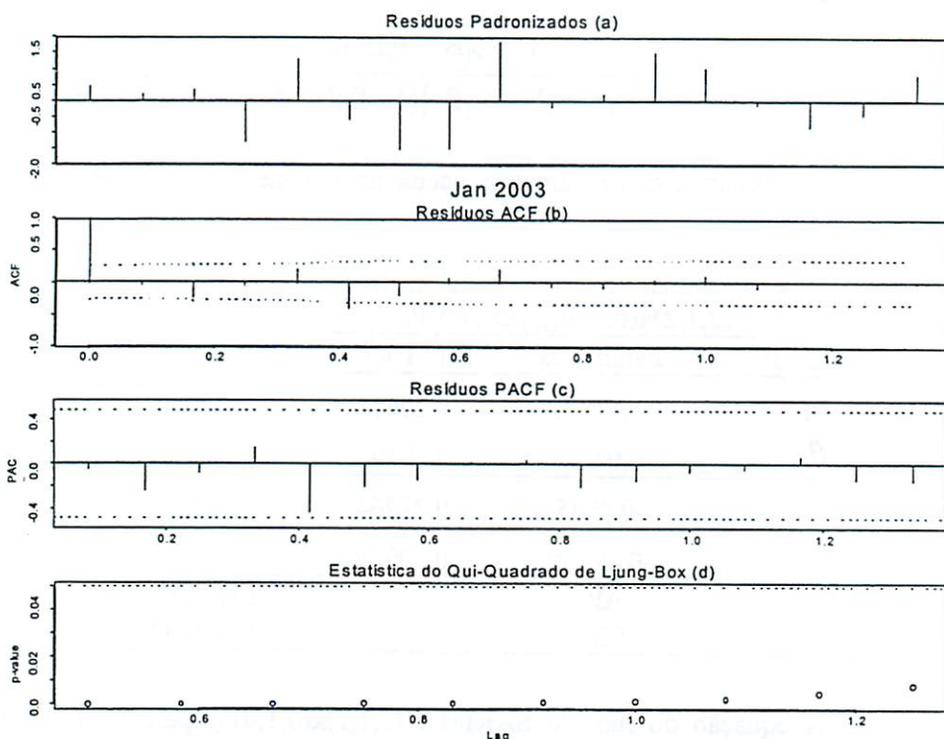


FIGURA 5.5 - Diagnóstico do modelo SARIMA (2,1,2)x(0,1,0)₁₂ para os preços de CVP

Para a série de CVN, foram identificados os valores de p, d, q e P, D e Q através do domínio do tempo e domínio da frequência. A seguir, estimatimou-se os parâmetros do modelo proposto conforme sugerido pelas análises de ACF e PACF.

Os valores foram, então, estimados através do método da Máxima Verossimilhança. Os modelos foram pré-selecionados em: SARIMA (2,0,0)x(0,1,0)₁₂, SARIMA (1,0,0)x(2,1,0)₁₂, SARIMA (1,0,1)x(0,1,0)₁₂ e SARIMA (0,1,2)x(0,1,0)₁₂ de acordo com os critérios de informação e nível de significância dos parâmetros. Verificou-se que o modelo de melhor previsão é o SARIMA (0,1,2)x(0,1,0)₁₂, isto é,

$$Y_t = \frac{(1 - \theta_2 B^2) a_t}{(1 - B)(1 - B^{12})}$$

A estimativa dos parâmetros aceita pelo modelo, são apresentados na Tabela 5.2.

TABELA 5.2 - Estimativa dos Parâmetros do Modelo SARIMA (2,1,2)x(0,1,0)₁₂, para CVN.

Parâmetro	Estimativa	Erro-Padrão	Teste t	p-value
θ_2	0,30461	0,14269	2,13	0,0328
	AIC		151,8659	
	SBC		153,7161	

A equação do modelo SARIMA (0,1,2)x(0,1,0)₁₂ assume a seguinte forma:

$$Y_t = \frac{(1 - 0,30461B^2) a_t}{(1 - B)(1 - B^{12})}$$

Após a estimativa do modelo, faz-se a verificação do resíduo da série ajustada, em que os erros devem ser normais e independentes, conforme

sugerido por Box & Jenkins (1976). Os resíduos de ACF do modelo estimado, na Figura 5.6 (b), revelam que os resíduos apresentam comportamento aleatório, constituído de ruído branco.

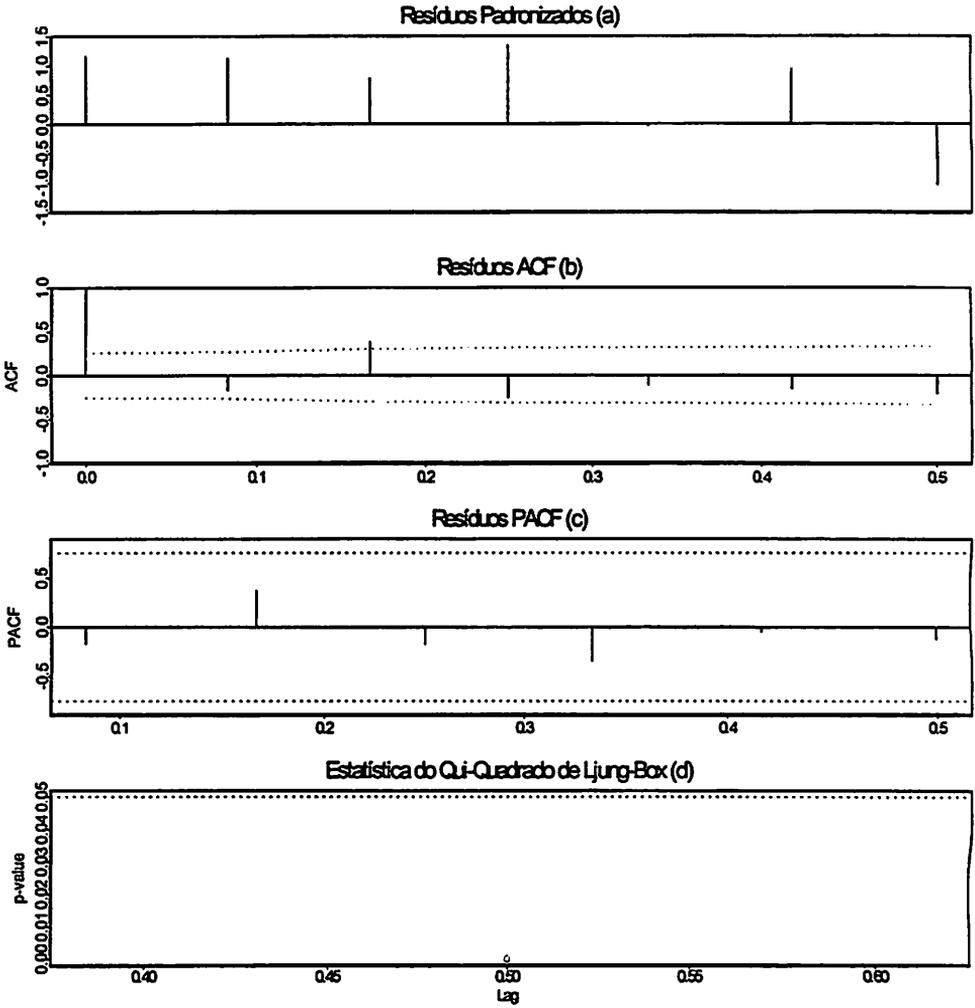


FIGURA 5.6 - Diagnóstico do modelo SARIMA (0,1,2)x(0,1,0)₁₂ para os preços CVN.

Tanto para essa série de preços de CVP quanto para CVN, optou-se em projetar valores para 9 períodos adiantes, isto é, previsões para o ano de 2004. A

Figura 5.7 e a Tabela 5.3 mostram a série de preço do CVP com as respectivas previsões e intervalos de confiança (95%), para janeiro a setembro de 2004. Foram satisfatórias as projeções feitas pelo modelo, com um erro quadrado médio de 10,87.

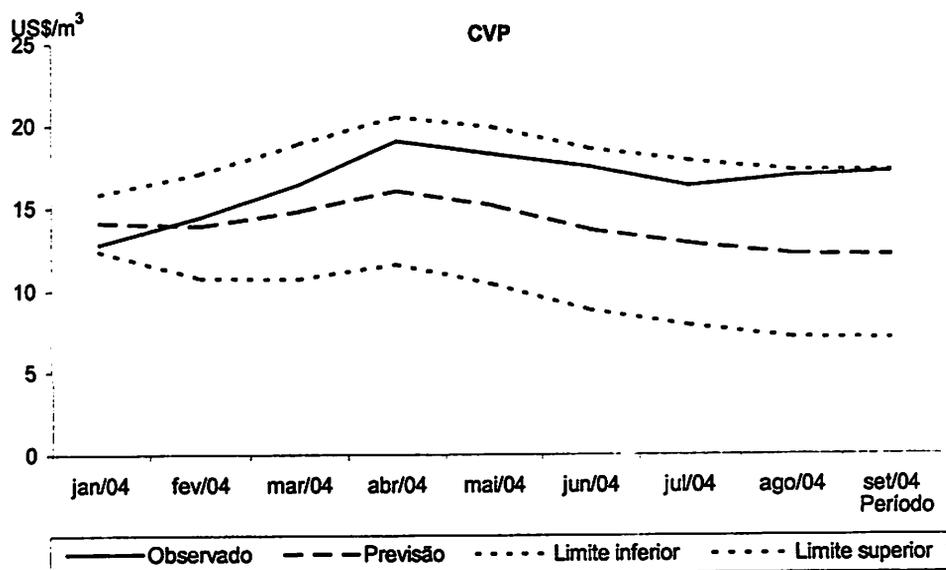


FIGURA 5.7 - Previsão para o ano de 2004 da série de preços do carvão vegetal de origem plantada.

TABELA 5.3 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2004 no CVP.

Mês	Real	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/04	12,51	14,16	0,882	12,43	15,89
fev/04	14,21	13,96	1,616	10,80	17,13
mar/04	16,59	14,85	2,095	10,75	18,96
abr/04	19,16	16,12	2,284	11,64	20,59
mai/04	18,40	15,20	2,437	10,42	19,97
jun/04	16,55	13,76	2,512	8,84	18,68
jul/04	15,19	12,93	2,570	7,89	17,96
ago/04	15,95	12,25	2,601	7,15	17,35
set/04	16,72	12,21	2,625	7,07	17,35

A Figura 5.8 e Tabela 5.4 mostram a série de preço de CVN com as respectivas previsões e intervalos de confiança (95%), para janeiro a setembro de 2004. As estimativas foram satisfatórias às projeções feitas pelo modelo, com um erro quadrado médio de 1,34. Assim, o modelo SARIMA da série de CVN forneceu previsões mais ajustadas e consistentes.

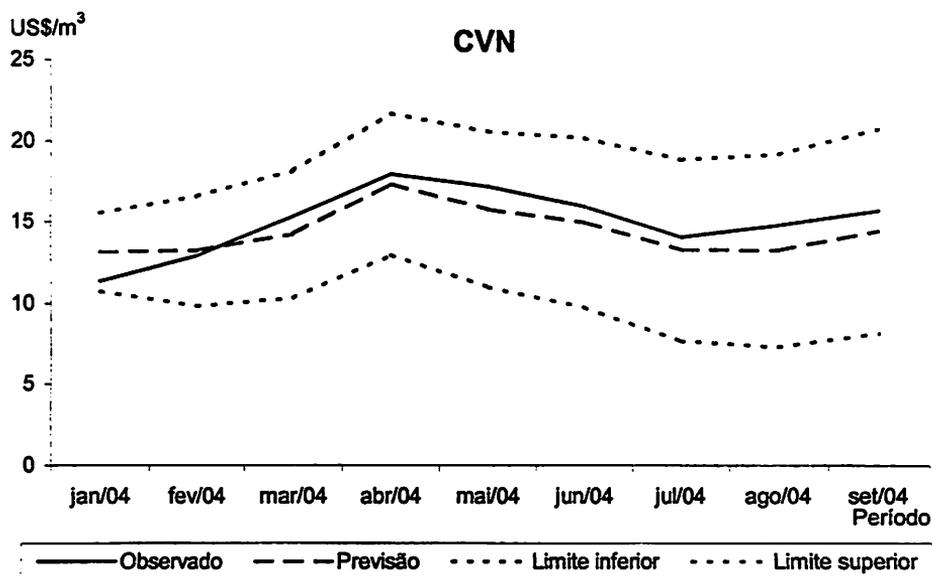


FIGURA 5.8 - Previsão para o ano de 2004 da série de preços do carvão vegetal de origem nativa

TABELA 5.4 - Preços observados e previsão estimada pelo modelo para o ano de 2004 do CVN.

Mês	Real	Previsão	Erro-padrão da previsão	Limite inferior	Limite superior
jan/04	12,51	13,13	1,220	10,74	15,52
fev/04	14,21	13,20	1,725	9,82	16,58
mar/04	16,59	14,22	1,991	10,32	18,12
abr/04	19,16	17,32	2,225	12,96	21,68
mai/04	18,40	15,79	2,454	10,98	20,60
jun/04	16,55	14,97	2,664	9,75	20,19
jul/04	15,19	13,28	2,855	7,68	18,87
ago/04	15,95	13,25	3,034	7,30	19,20
set/04	16,72	14,46	3,204	8,18	20,74

Assim, pode-se afirmar que as projeções da série de preços do CVN foram melhores que as da série de preços do CVP. A aplicação da metodologia de Box & Jenkins (1976) requer do pesquisador atenção e prática para escolha do melhor modelo. Com a aplicação desta metodologia, apoiada nas análises de domínio do tempo e domínio da frequência para subsidiar a modelagem, é possível definir os modelos apropriados.

É importante observar que, em se tratando de séries econômicas, as previsões a longo prazo podem se diferenciar dos valores reais, devido aos fatores macroeconômicos e edafoclimáticos que podem ocorrer no período projetado.

7 CONCLUSÕES

A partir das análises feitas neste trabalho, chegou-se as seguintes conclusões:

1. As séries dos preços do CVP e do CVN se comportam de maneira distinta, indicando mercados diferenciados;
2. As análises de domínio do tempo e domínio da frequência comprovaram a diferenciação nos preços do CVP e do CVN;
3. As séries de preços do CVP e do CVN apresentaram modelos diferentes, mas ambos apresentaram efeitos da tendência e da sazonalidade, quando se utilizou o modelo SARIMA $(p,d,q) \times (P,D,Q)_s$.
4. Para a série de preços do CVP, o melhor modelo foi o SARIMA $(2,1,2) \times (0,1,0)_{12}$ oferecendo bons ajustes para previsões.
5. Para a série de preços do CVN, o melhor modelo foi o SARIMA $(0,1,2) \times (0,1,0)_{12}$, que forneceu ótimos ajustes para projeções futuras de preço.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAVE. **Anuário estatístico**, Belo Horizonte, 1976-2003.

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

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

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

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.

BRASIL. Banco Central do Brasil. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/séries/historicas>>. Acesso em: 15 mar. 2004.

BUREAU OF LABOR STATISTIC. **Consumer price index**. U. S. Department of Labor: Washington, D. C. Disponível em: <<ftp://ftp.bls.gov/pub/special.request/cpi/cpi.txt>>. Acesso em: 07 abr. 2004.

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

REZENDE, J. L. P.; VALE, A. B.; MINETTE, L. **Estudo comparativo da produção de carvão da vegetação nativa e de *Eucalyptus spp.*** Viçosa, 1986 (Relatório Técnico).

VALE, A. T.; MOURÃO BRASIL, M. A.; LOPES LEÃO, A. Quantificação e caracterização energética da madeira e da casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 71-80, jun. 2002.

VALENTE, O. F. Carbonização de madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 74-82, set. 1986.

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

VITAL, B. R. Fatores que afetam a densidade da madeira. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1985. p. 5-6. (Informativo SIF, n. 3).

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

ANEXOS

Página

TABELA 1 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de Minas Gerais no período de jan/1975 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).....	155
TABELA 2 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de Belo Horizonte no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).....	156
TABELA 3 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de Divinópolis no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).	157
TABELA 4 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de Sete Lagoas no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).	158
TABELA 5 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de Vertentes no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).	159
TABELA 6 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de origem nativa no período de jan/1999 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).	160
TABELA 7 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m ³) de origem plantada no período de jan/1999 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100)	160

TABELA 1 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de Minas Gerais no período de jan/1975 a dez/2003, (CPI, Base1982/84=100).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1975	25,27	24,85	24,97	24,60	25,46	24,92	24,51	23,90	18,90	18,49	18,01	17,48
1976	22,10	24,58	23,19	23,39	24,11	24,48	25,42	25,08	24,34	22,07	20,57	20,13
1977	19,84	20,08	19,88	19,29	18,56	17,92	18,57	19,12	17,92	17,54	17,16	17,09
1978	20,73	22,25	25,20	27,42	26,74	26,39	28,16	29,97	29,82	27,83	27,01	26,17
1979	25,75	27,05	27,46	25,25	24,34	23,31	23,60	24,18	22,30	21,64	21,21	19,18
1980	16,29	15,93	16,77	16,46	17,80	21,15	25,31	27,80	31,85	31,42	30,33	28,62
1981	26,94	24,72	22,65	20,99	19,37	17,67	15,86	14,75	13,95	13,60	14,90	16,80
1982	18,11	19,23	18,78	20,41	19,07	17,83	17,33	16,43	15,56	14,02	13,26	11,75
1983	11,53	11,76	9,63	15,12	13,37	15,02	16,97	17,37	15,56	11,79	12,70	13,58
1984	14,18	13,28	11,57	10,37	10,02	9,82	10,12	10,62	10,47	10,59	11,58	12,28
1985	14,20	20,00	18,02	16,45	15,01	13,42	12,26	11,57	10,54	9,91	11,33	12,28
1986	11,22	11,24	11,37	12,31	14,80	16,31	17,16	18,13	18,06	17,07	16,75	16,24
1987	15,48	14,17	12,76	12,27	12,21	10,45	9,69	10,26	11,46	12,36	13,52	17,46
1988	17,92	16,62	14,51	16,22	16,68	15,80	15,95	16,45	14,17	11,89	11,40	11,75
1989	11,95	11,40	12,27	13,56	15,18	16,91	21,52	21,79	19,52	15,67	11,80	16,21
1990	18,89	15,59	14,17	11,57	12,15	14,27	17,87	20,74	18,26	13,52	10,91	8,78
1991	10,27	13,01	15,26	18,38	17,42	15,06	13,27	12,57	11,83	9,92	9,78	10,09
1992	10,75	13,82	12,67	10,86	10,74	10,27	9,83	9,47	9,39	9,21	10,09	10,45
1993	11,06	10,96	11,13	11,84	12,05	11,98	12,78	13,16	13,36	12,11	10,97	10,89
1994	11,96	12,21	11,88	12,86	12,87	13,50	14,13	14,60	14,53	13,73	13,94	13,58
1995	13,93	14,54	15,09	15,82	18,11	17,84	15,23	13,71	12,70	12,22	12,09	12,19
1996	13,32	14,45	14,71	14,20	13,05	12,71	12,47	12,32	12,04	11,88	11,97	11,19
1997	12,31	12,60	12,95	14,71	15,63	14,76	14,55	14,17	13,89	13,48	12,95	13,30
1998	15,10	15,06	16,74	15,62	16,92	15,17	16,07	11,90	11,12	16,07	15,57	17,04
1999	10,49	8,39	8,90	9,77	9,87	9,35	9,40	8,66	8,43	8,11	8,63	9,46
2000	12,60	13,50	13,07	11,67	10,50	9,80	9,20	9,48	9,51	9,35	9,25	9,22
2001	9,98	9,87	9,14	8,56	8,34	8,05	7,73	7,44	6,90	6,70	7,53	8,31
2002	8,74	9,26	9,98	10,09	9,42	9,10	8,71	8,32	8,08	7,26	7,24	7,54
2003	9,66	9,77	11,72	13,56	12,77	11,66	10,99	10,49	10,92	11,30	11,21	11,51

TABELA 2 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de Belo Horizonte no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	27,93	26,14	23,46	21,00	19,55	18,29	16,53	15,49	14,58	13,75	14,18	15,95
1982	17,72	19,33	20,64	21,42	20,18	19,04	17,53	16,85	15,71	13,97	14,08	12,15
1983	11,17	13,36	8,89	13,11	15,21	13,79	17,18	17,59	16,24	14,20	12,85	13,27
1984	13,99	13,55	11,89	10,75	10,23	9,71	10,29	11,02	10,75	11,05	11,89	12,81
1985	14,42	20,59	18,83	16,65	15,05	13,67	12,55	11,69	10,53	9,73	11,83	12,85
1986	12,13	12,44	12,17	12,78	16,19	18,04	18,41	19,33	19,28	18,10	17,42	16,70
1987	15,98	15,12	13,67	13,14	13,27	10,94	10,21	10,91	12,40	12,99	14,02	17,86
1988	18,69	17,19	14,55	16,87	17,31	16,23	16,78	17,45	14,78	12,33	11,78	12,22
1989	12,41	11,64	12,47	13,72	15,86	18,23	23,89	22,70	20,11	16,46	12,53	17,49
1990	19,81	16,35	15,89	11,52	11,98	15,20	18,46	21,16	18,15	13,60	10,55	8,30
1991	9,78	13,12	16,13	18,74	17,26	15,04	13,25	12,52	11,91	9,75	10,30	10,49
1992	11,40	13,83	13,09	10,82	11,40	10,80	10,56	10,18	10,21	10,13	11,04	11,06
1993	11,84	11,54	11,89	12,63	12,84	12,72	13,73	14,08	14,56	12,93	11,64	11,69
1994	12,99	13,24	12,79	13,96	14,39	15,12	15,13	15,93	15,58	14,60	15,20	14,83
1995	15,02	15,48	16,18	16,81	19,88	18,45	15,20	13,70	13,07	12,75	12,55	12,07
1996	14,24	15,78	15,97	15,08	13,75	13,26	12,82	12,53	11,66	11,56	11,48	10,71
1997	11,85	12,98	13,15	16,54	15,18	13,61	14,32	14,52	14,50	13,18	12,83	12,91
1998	13,26	13,15	13,60	12,40	12,31	12,12	14,11	10,05	8,80	8,72	8,68	14,49
1999	10,33	8,42	9,11	10,12	10,01	9,37	9,50	8,75	8,16	8,00	8,70	9,27
2000	13,20	13,74	13,24	11,67	11,16	10,10	9,09	8,82	8,97	8,77	8,65	9,05
2001	9,83	9,94	9,40	8,49	8,33	8,24	7,76	7,99	6,99	6,44	7,16	8,05
2002	8,39	9,19	9,65	10,18	9,70	8,90	8,84	8,90	8,06	7,51	7,63	8,10
2003	9,69	9,71	11,20	13,61	12,38	11,77	10,61	10,44	10,78	10,70	11,56	11,82

TABELA 3 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de Divinópolis no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	24,14	21,98	19,66	17,78	16,64	15,03	13,01	12,35	12,14	11,63	13,75	17,15
1982	16,44	18,51	19,52	20,50	18,93	17,59	15,68	14,82	13,90	12,67	10,94	11,42
1983	11,40	12,53	11,42	16,17	16,66	15,88	17,22	16,70	14,98	13,97	12,96	13,86
1984	15,16	13,48	11,09	9,99	10,59	10,59	10,33	11,01	10,97	11,02	12,58	12,33
1985	15,00	18,61	16,91	16,72	15,32	13,10	12,17	11,82	10,91	10,45	11,25	12,00
1986	12,59	12,42	11,82	13,42	15,17	16,42	17,93	18,27	17,80	16,17	16,69	16,83
1987	16,27	15,02	13,12	14,07	12,90	11,05	10,03	11,52	12,01	13,53	14,70	17,22
1988	18,72	16,59	14,75	16,84	17,67	15,59	15,41	15,87	14,13	11,46	11,15	11,79
1989	12,78	11,91	12,85	15,54	16,49	18,61	22,89	20,60	20,84	16,29	12,99	16,07
1990	19,53	14,54	15,16	12,23	13,39	14,96	16,86	19,30	16,48	12,52	10,58	8,83
1991	10,74	13,31	15,86	17,83	16,91	14,78	12,56	12,12	11,41	9,74	8,74	8,69
1992	10,51	12,71	12,75	11,41	10,77	10,49	10,03	9,28	9,17	9,17	10,25	10,45
1993	11,42	11,40	12,31	11,63	11,60	11,77	12,99	13,74	12,34	11,46	10,48	10,83
1994	12,55	13,00	12,57	14,27	13,54	13,28	14,25	14,54	14,47	13,81	14,18	13,83
1995	14,23	14,65	15,36	16,10	16,81	16,26	14,62	14,15	13,25	12,44	12,31	12,11
1996	13,32	13,98	14,29	13,82	12,82	12,34	12,11	12,07	12,13	11,76	11,94	11,03
1997	12,18	13,20	13,77	15,42	16,15	15,17	14,22	14,47	14,37	14,02	12,53	12,77
1998	14,37	13,92	15,09	14,34	15,11	13,66	11,08	8,88	8,28	13,73	13,03	12,65
1999	10,13	8,18	8,79	9,77	10,10	9,54	9,66	8,75	8,63	8,15	8,62	9,35
2000	12,13	13,37	12,46	12,22	10,37	9,26	8,78	9,29	9,32	9,31	9,12	9,04
2001	9,77	10,21	9,06	8,44	8,52	8,05	8,09	7,57	7,17	6,95	7,63	8,41
2002	8,87	9,09	10,24	10,21	9,33	9,22	8,95	8,63	8,22	7,41	7,33	7,72
2003	9,74	10,22	12,31	14,05	12,76	11,56	11,09	10,65	10,96	11,02	10,88	11,09

TABELA 4 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de Sete Lagoas no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base 1982/84=100).

Ano	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	24,63	21,72	19,97	17,32	15,56	14,17	13,23	10,88	10,26	10,77	14,38	15,98
1982	17,02	18,22	18,10	18,04	15,83	15,01	15,99	14,78	13,62	12,41	10,34	9,99
1983	9,70	11,03	9,51	13,10	15,56	15,04	16,05	16,77	15,75	13,65	12,51	14,08
1984	14,17	13,33	11,28	9,97	9,58	9,59	9,93	10,03	9,96	10,36	11,31	11,87
1985	14,53	18,97	17,46	15,80	14,41	12,99	11,83	11,18	10,16	9,38	11,22	12,03
1986	11,15	11,22	11,19	12,30	15,36	15,81	17,05	17,54	17,50	16,09	15,68	15,17
1987	14,78	13,79	12,87	12,05	12,26	10,31	9,50	10,02	11,28	12,02	12,96	16,38
1988	17,21	15,94	13,74	15,50	15,97	14,97	15,30	15,81	13,48	11,63	11,40	11,39
1989	11,16	10,54	11,54	12,69	14,22	16,65	21,07	19,97	17,83	14,83	10,98	17,46
1990	17,87	14,92	13,34	10,46	11,63	13,58	17,12	18,62	15,92	12,08	9,80	8,27
1991	10,07	12,96	15,99	18,09	16,62	13,74	12,13	12,10	11,44	9,48	9,47	9,88
1992	10,33	13,67	12,26	10,44	9,78	9,11	8,95	8,67	8,18	7,76	9,51	9,78
1993	10,32	11,02	10,95	11,79	11,69	11,83	12,68	13,02	13,36	11,45	9,95	10,72
1994	13,51	12,56	11,99	14,31	13,46	13,81	14,15	14,11	13,96	13,22	13,50	12,59
1995	13,53	14,66	16,06	16,62	18,63	16,59	13,99	12,28	11,30	11,50	11,18	10,98
1996	13,30	15,40	14,63	13,21	11,59	11,70	11,77	11,47	11,38	11,35	12,23	11,39
1997	13,31	12,68	13,84	16,07	15,47	14,62	14,15	13,47	13,11	12,71	12,48	13,65
1998	13,81	13,54	15,09	14,18	14,91	12,81	13,01	7,83	7,76	12,70	11,69	13,60
1999	10,13	8,10	8,87	9,77	9,74	9,37	9,66	8,43	8,47	8,23	8,77	10,00
2000	12,68	13,68	13,27	11,69	10,29	9,78	9,28	9,36	9,78	9,25	9,41	9,31
2001	9,97	9,61	8,78	8,40	8,31	8,20	7,89	7,56	7,06	6,92	7,88	8,52
2002	9,04	9,50	10,09	9,99	9,11	9,09	8,39	8,23	7,92	6,93	7,00	7,24
2003	9,54	9,37	11,64	13,03	13,18	11,67	11,29	10,37	11,02	11,47	11,20	11,62

TABELA 5 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de Vertentes no período de jan/1981 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1981	31,10	28,74	26,89	28,23	26,43	24,69	23,03	21,86	20,55	19,59	18,16	20,49
1982	23,08	24,84	19,12	26,16	24,81	23,22	21,89	20,64	19,89	18,56	17,38	16,30
1983	15,18	12,98	10,03	21,28	19,88	19,20	23,80	23,08	18,69	16,69	15,42	16,22
1984	16,97	15,61	14,00	12,69	11,65	11,04	12,09	12,75	12,93	12,75	13,84	14,99
1985	16,42	21,96	19,20	17,88	16,37	14,91	13,72	13,04	12,06	11,61	13,76	14,77
1986	14,15	14,46	14,11	14,80	18,33	19,96	20,29	21,24	21,15	19,96	19,42	18,80
1987	18,10	17,29	15,71	14,90	14,82	12,53	11,56	11,96	13,83	14,88	15,71	19,78
1988	20,60	19,16	16,47	18,42	19,21	18,15	18,67	19,57	16,57	13,73	13,52	13,88
1989	13,61	12,81	13,83	15,25	18,42	18,24	24,81	26,94	23,34	18,57	14,21	17,60
1990	22,62	18,81	17,53	13,97	14,61	18,24	21,57	26,52	23,58	15,84	12,60	10,35
1991	12,33	15,07	17,87	20,51	19,75	16,82	14,97	14,57	13,46	11,36	11,57	12,17
1992	13,14	15,30	14,54	12,86	13,06	13,12	12,35	11,93	11,99	11,76	12,62	12,67
1993	13,45	12,84	12,74	14,60	14,65	14,22	15,24	15,73	16,24	14,64	13,33	13,05
1994	13,93	14,60	13,87	14,72	14,83	15,75	16,61	17,24	16,16	12,33	12,71	12,97
1995	15,50	17,77	18,15	18,16	21,10	20,20	16,36	15,98	15,00	14,43	14,37	13,88
1996	16,04	16,69	16,84	16,40	15,69	15,12	14,63	14,50	14,39	14,26	14,16	13,46
1997	14,36	14,32	14,20	15,84	15,73	15,63	15,53	14,24	13,58	14,02	13,94	13,89
1998	13,26	13,15	13,05	15,10	14,98	14,88	13,19	12,01	10,35	10,26	10,22	10,12
1999	10,74	8,50	8,79	9,41	9,56	8,95	8,83	8,59	8,47	8,15	8,47	9,51
2000	12,15	12,94	13,41	12,22	9,89	11,31	11,51	10,36	10,17	10,12	9,88	9,81
2001	10,43	10,46	9,14	8,64	8,11	8,51	7,41	7,01	6,51	6,37	7,43	7,90
2002	8,28	9,37	10,32	10,04	10,70	9,83	9,10	8,54	8,02	7,16	7,40	7,71
2003	9,03	8,98	10,76	11,46	11,38	10,70	10,19	9,93	10,37	10,60	10,62	10,52

TABELA 6 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de origem nativa no período de jan/1999 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1999	10,54	8,37	8,41	9,35	9,29	8,86	8,66	6,89	6,59	6,14	6,47	6,88
2000	12,26	13,09	12,25	11,06	10,15	9,12	8,58	8,96	8,99	8,79	8,77	8,73
2001	9,5	9,65	8,86	8,22	8,13	7,89	7,77	7,46	7,03	6,52	7,33	8,06
2002	8,48	8,96	9,62	9,45	8,73	8,78	8,3	7,96	7,72	6,97	6,69	7,24
2003	9,45	9,46	10,47	13,58	12,05	11,23	9,54	9,51	10,72	10,7 ^a	10,73	10,98

TABELA 7 - Série de preços do metro cúbico de carvão vegetal (US\$/m³) de origem plantada no período de jan/1999 a dez/2003, (CPI Base1982/84=100).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1999	9,86	8,10	9,43	10,42	10,60	10,00	10,55	10,39	10,25	10,11	10,93	12,20
2000	13,08	14,10	13,74	12,27	11,06	10,32	9,52	9,36	9,72	9,43	9,35	9,54
2001	10,21	10,19	9,29	8,67	8,64	8,43	8,06	7,96	7,12	7,02	7,78	8,60
2002	9,05	9,56	10,38	10,81	10,02	9,36	9,15	8,90	8,42	7,59	7,95	8,14
2003	10,17	10,29	12,20	13,76	13,44	12,24	11,77	11,27	11,45	12,14	12,07	12,37