

MARIA CRISTINA SILVA DE PAIVA

**ANÁLISE FINANCEIRA DO CARVÃO VEGETAL E DO COQUE
NA SIDERURGIA MINEIRA, NO PERÍODO DE 1995 A 1999**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

MARIA CRISTINA SILVA DE PAIVA

**ANÁLISE FINANCEIRA DO CARVÃO VEGETAL E DO COQUE
NA SIDERURGIA MINEIRA, NO PERÍODO DE 1995 A 1999**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 11 de abril de 2001.

Sebastião Renato Valverde

Heleno do Nascimento Santos

Aziz Galvão da Silva Júnior

Carlos Antônio Moreira Leite
(Conselheiro)

Marília Fernandes Maciel Gomes
(Orientadora)

A Deus, sobre todas as coisas.

A meus pais, pelo infinito apoio e pela confiança.

Aos amigos diversos que, de uma forma ou de outra, muito me ajudaram.

À minha orientadora, pela paciência e pela dedicação.

Ao professor Paulo Shikazu Toma, pelo apoio vitalício.

AGRADECIMENTO

O término deste trabalho assemelha-se à chegada de uma longa viagem. Nesta viagem, passei por belos lugares, outros, nem tanto; por situações de perigo e por sentimentos de preocupação, alegria, satisfação, realização, solidão, insegurança, companheirismo, autoconfiança....

Nesta viagem, ofereci muitas caronas. Houve pessoas que comigo viajaram por todo o caminho, outras, apenas pequenos trechos; pessoas que deixaram grandes mensagens, outras, nem o seu nome.

A viagem foi difícil, complexa, gratificante, rica e indispensável, razão por que não é possível quantificar meu crescimento intelectual e emocional. Este trabalho é apenas a concretização da chegada, mas não é capaz de sintetizar o meu aprendizado desde o dia da partida.

Por esse motivo, torna-se difícil listar todos os nomes a quem devo sinceros agradecimentos. Desde aqueles que viajaram comigo até aqueles que apenas fizeram parte da paisagem, todos foram importantes e contribuíram, significativamente, para esta chegada.

De forma especial, agradeço a pessoas como a orientadora desta tese, professora Marília Fernandes Maciel Gomes, aos conselheiros Márcio Lopes da Silva, Sebastião Renato Valverde e Carlos Antônio Moreira Leite, pelas críticas e pelas sugestões.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Economia Rural, pela oportunidade de realização do Curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Francisco Armando da Costa, Heleno do Nascimento Santos, Paulo Shikazu Toma, Orlando Monteiro da Silva, João Eustáquio de Lima e Maurinho Luiz dos Santos.

Aos amigos Angelita, Merly, Gilca, Rosana, Fernando, Luiz Batista, Maninho, Rosilene, Rita de Cássia, Adriana, André, Roberto, Henrique, Fred e esposa, Socorro, Gilson, Mara e muitos outros.

Aos funcionários do Departamento de Economia Rural e do Departamento de Engenharia Florestal, pela ajuda dispensada.

Aos funcionários e diretores de órgãos e empresas, cujas informações foram imprescindíveis a este trabalho.

A meus pais e a minhas irmãs.

Peço a Deus que abençoe a todos e que me dê oportunidade de também ser útil à viagem de outras pessoas.

BIOGRAFIA

MARIA CRISTINA SILVA DE PAIVA, filha de Moisés Justino de Paiva e Maria das Graças Silva de Paiva, nasceu em Santo André (SP), em 4 de agosto de 1970.

Em julho de 1995, graduou-se no curso de Ciências Econômicas na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Em março de 1998, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, defendendo tese em 11 de abril de 2001.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações gerais	1
1.2. O problema e sua importância	10
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo geral	12
1.3.2. Objetivos específicos	12
2. O SETOR FLORESTAL	13
2.1. A legislação florestal e a madeira para consumo das empresas	13
2.2. O mercado de carbono e o setor florestal	15

	Página
2.3. A tecnologia no setor florestal	17
3. METODOLOGIA	19
3.1. Modelo teórico	19
3.1.1. Custos privados de produção	19
3.2. Modelo analítico	23
3.2.1. Custos do carvão vegetal de reflorestamento.....	23
3.3. Análise da competitividade do carvão vegetal em relação ao co- que mineral na produção do ferro -gusa	26
3.3.1. Análise de risco	28
3.3.2. Técnica de simulação de Monte Carlo	30
3.3.2.1. Distribuição de probabilidade para o custo de aquisição do coque	33
3.3.2.2. Distribuição de probabilidade para o custo do carvão vegetal de mercado e para o custo do carvão de produção própria.	34
3.3.3. Condições de competitividade	35
3.3.4. O software @risk	37
3.4. Fonte de dados	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Custos do carvão vegetal de mercado, para produção própria, e do coque mineral, para produção de uma tonelada de ferro-gusa ..	39
4.2. Condições de competitividade	48
5. RESUMO E CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

	Página
APÊNDICES	65
APÊNDICE A	66
APÊNDICE B	69
APÊNDICE C	71
APÊNDICE D	76

LISTA DE QUADROS

		Página
1	Custo posto-usina do coque, do carvão vegetal de mercado e do carvão vegetal de produção própria	40
2	Custo atualizado da produção de madeira em pé da siderúrgica em estudo, localizada em Minas Gerais	41
3	Cálculo do valor da madeira para produção de um metro de carvão na unidade florestal da empresa em estudo	42
4	Custo de carvão vegetal posto-usina	43
5	Custos de termorreductores da empresa em estudo para produção de uma tonelada de ferro-gusa	44
6	Parâmetros para determinação das distribuições de probabilidades das variáveis sujeitas à variação	45
7	Resultados básicos da simulação de Monte Carlo para os custos de termorreductores para produção de uma tonelada de ferro-gusa	46
8	Custos de termorreductores da empresa e distribuição de probabilidade desses custos	47
9	Probabilidades acumuladas para a competitividade entre os termorreductores	49

	Página
10	Valores que tornam o carvão vegetal de mercado e o carvão vegetal de produção própria preferíveis, financeiramente, ao coque 51
11	Valores que tornam o custo da madeira compatível com o custo competitivo do carvão vegetal de produção própria 52
12	Valores que tornam competitivos o carvão vegetal de mercado e o carvão vegetal de produção própria em relação ao coque, considerando a taxa de câmbio fixa em R\$/US\$ 0,80 53
13	Valores que viabilizam o carvão vegetal de produção própria em relação ao carvão vegetal de mercado 55
1A	Valores históricos do preço do carvão vegetal de mercado, do preço do coque, da taxa de câmbio e da taxa de juros 66
2A	Evolução do consumo de carvão vegetal no Brasil 67
3A	Área reflorestada no Brasil por certos grupos de atividade (em ha) 67
4A	Energia para produção de aço e ferro-gusa 68
1B	Exemplo de cálculo da exaustão de uma floresta de eucalipto para um ciclo de dois cortes: um corte a cada sete anos 69
1C	Planilha de custo para produção de carvão 71
1D	Simulação do custo de carvão vegetal de mercado para produção de uma tonelada de ferro-gusa 76
2D	Simulação do custo de coque mineral importado para produção de uma tonelada de ferro-gusa 78
3D	Probabilidades acumuladas para os custos da empresa quando se utiliza carvão vegetal de produção própria 79
4D	Probabilidade acumulada de o custo do carvão vegetal de mercado ser menor que o do coque mineral importado 80
5D	Probabilidade acumulada de o carvão de produção própria gerar custo menor do que o coque mineral importado 81

6D	Probabilidade acumulada da condição de competitividade para o preço do carvão vegetal adquirido no mercado igual a R\$ 70,00	82
7D	Probabilidade acumulada da condição de competitividade para o preço do coque igual a US\$ 170,00	83
8D	Probabilidade acumulada da condição de competitividade para a taxa de câmbio igual a R\$/US\$ 0,80	84
9D	Probabilidade acumulada para a condição de competitividade quando a taxa de câmbio for fixa em R\$/US\$ 0,80 e o preço do carvão vegetal de mercado for igual a R\$ 70,00	85

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Gráfico das curvas de custo médio, fixo médio, variável médio e custo marginal	23

RESUMO

PAIVA, Maria Cristina Silva de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2001. **Análise financeira do carvão vegetal e do coque na siderurgia mineira, no período de 1995 a 1999.** Orientadora: Marília Fernandes Maciel Gomes. Conselheiros: Carlos Antônio Moreira Leite e Márcio Lopes da Silva.

Analizou-se, neste trabalho, a competitividade do termorreductor carvão vegetal em relação ao termorreductor coque mineral, em uma empresa siderúrgica localizada na região do Vale do Aço, Estado de Minas Gerais. O objetivo principal foi a análise financeira da utilização do carvão vegetal adquirido pela empresa siderúrgica no mercado local, do carvão vegetal de produção própria e do coque mineral importado usado na produção do ferro-gusa. Incorporou-se a este estudo a análise de risco, com a finalidade de determinar as condições de competitividade relativa dos termorreductores, em razão das alterações nas variáveis econômicas que determinam o custo da empresa com o carvão vegetal e com o coque. As análises financeiras basearam-se na determinação do preço médio posto-usina do carvão adquirido no mercado, do preço médio posto-usina do coque mineral importado e do custo médio de produção do carvão vegetal produzido pela unidade florestal da siderúrgica. As análises de riscos foram realizadas pela técnica de simulação de Monte Carlo, processadas pelo *software*

@*RISK*. Mediante essas análises, concluiu-se que a taxa de câmbio é a variável decisiva para que o carvão vegetal adquira vantagem em relação ao coque. Determinou-se que a taxa de câmbio, que viabiliza o carvão vegetal de mercado em relação ao coque mineral, deva ser igual ou maior a R\$/US\$ 0,80. Dada essa taxa de câmbio, o preço posto-usina favorável ao carvão vegetal de mercado deve ser menor ou igual a R\$ 70,00 por tonelada, e o preço posto-usina que inviabiliza o coque deve ser maior ou igual a US\$ 120,00, por tonelada. Verificou-se que o carvão de produção própria será favorável, em relação ao carvão vegetal, ao mercado quando seu custo posto-usina for menor que R\$ 70,00, por tonelada. Verificou-se que os reflorestamentos da empresa siderúrgica conseguem trabalhar com custos de madeira compatíveis com o custo competitivo do carvão, com taxa de juros abaixo de 12% ao ano e com produtividade dos reflorestamentos de 45 estéreis por hectare.

ABSTRACT

PAIVA, Maria Cristina Silva de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, April 2001. **Financial analysis of vegetable charcoal and coke at a Minas Gerais siderurgical plant from 1995 to 1999.** Adviser: Marília Fernandes Maciel Gomes. Committee Members: Carlos Antônio Moreira Leite and Márcio Lopes da Silva.

This work analyzed the competitiveness of thermoreductor vegetable charcoal as compared to thermoreductor coke at a metallurgical company in Vale do Aço, Minas Gerais. The main objective was to conduct a financial analysis of the use of three different types of charcoal: 1) vegetable charcoal, acquired by the company at the local market; 2) natural charcoal produced by the company, and 3) imported coke used in the production of cast iron. Risk analysis was included to determine the relative competitiveness conditions of the thermoreductors due to economic variable alterations, determining the vegetable charcoal and foundry coke cost to the company. The financial analyses were based on the determination of the average station/power plant price of the charcoal acquired in the market, the imported mineral foundry coke and the average production cost of the vegetable charcoal produced by the company's forestation unit. The risk analyses, carried out through the Monte Carlo simulation technique and processed by @RISK software allowed to conclude that

the exchange rate is the decisive variable for the present vegetable charcoal advantage in relation to the foundry coke. It was determined that the exchange rate, which renders the market's vegetable charcoal more viable than the mineral foundry coke, should be equal to or higher than R\$/US\$ 0,80. Given this exchange rate, the market vegetable charcoal should be lower or equal to R\$ 70,00 per ton and the station/power plant price, which renders the foundry coke unviable, should be higher than or equal to US\$ 120,00 per ton. The charcoal produced by the company was found to be superior to the market vegetable charcoal bought in the market provided its station/power plant cost were lower than R\$ 70,00 per ton. The company's reforestation unit can afford wood costs which are compatible with the competitive charcoal costs, with interest rates below 12% per year and reforestation yields of 45 steres per hectare.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

A atividade siderúrgica nacional incorpora em seu processo produtivo grande quantidade de carvão como termorreduzidor do minério de ferro para produção do ferro-gusa. Este setor faz parte das atividades intermediárias do complexo metal-mecânico, que se apresenta como o mais importante na geração do produto industrial do Estado de Minas Gerais. No microcomplexo siderúrgico situa-se a produção de ferro-gusa, matéria-prima que atende aos setores de fundição e siderúrgicos não-integrados nacionais e é transacionada no mercado externo. Segundo o BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS - BDMG (1989), mais de 90% da produção guseira nacional são realizados no estado mineiro. O carvão é o insumo responsável por 50% dos custos finais de produção de uma tonelada deste produto (Silva e Pereira, 1981, citados por SILVA e SILVA, 1996).

As indústrias utilizam tanto o carvão de origem mineral quanto o de origem vegetal. O carvão vegetal é produzido a partir da queima da madeira, em atmosfera com baixa presença de oxigênio, geralmente em forno de alvenaria. O carvão mineral é formado a partir do soterramento e da decomposição de restos materiais de origem vegetal que, gradualmente, ao sofrerem soterramento e

compactação em bacias de decomposição, apresentam enriquecimento no teor de carbono (MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT, 1998).

O redutor vegetal possui menos efeitos poluentes e proporciona melhor qualidade ao produto final, em relação ao carvão mineral. Segundo GUERRA (1995), a ausência de óxido de enxofre nos gases liberados nas usinas pelos altos fornos a carvão vegetal elimina o processo de “dessulfuração” (redução do teor de enxofre do ferro-gusa). “O carvão vegetal é matéria-prima praticamente pura, com baixos teores de cinza e enxofre (...), o que resulta na produção de gusa com mínimo teor desta impureza” (BORGES e COLOMBAROLI, 1978:23).

As bacias carboníferas, por sua vez, podem produzir diversos tipos de carvões, entre eles, o metalúrgico e o energético. O metalúrgico pode ser usado na siderurgia, mediante sua transformação em coque, como redutor de minério, ou na forma não-coqueificável, no processo denominado redução-fusão do ferro-gusa fora de alto-forno. O processo de coqueificação consiste no aquecimento do carvão em fornos sem contato com o ar, até que toda matéria volátil seja liberada, sobrando um resíduo sólido e poroso (OLIVEIRA e FILHO, 1980).

Segundo dados da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS - ABRACAVE (1997), o consumo do carvão mineral tem sido, historicamente, maior em relação ao do carvão vegetal. No Brasil, 97% do coque de carvão mineral consumido por ano são utilizados na produção do ferro-gusa e em 74% dessa produção é utilizado redutor mineral. SILVEIRA (1980) afirmou que os inconvenientes da utilização do carvão mineral estão relacionados com a quase total dependência das importações deste e da falta de qualidade do carvão mineral nacional para fins siderúrgicos. Segundo CÉSAR (1988), a tecnologia empregada nas grandes siderúrgicas a coque de carvão mineral não possibilita o uso integral de carvão metalúrgico nacional, devido aos seus elevados teores em cinza e enxofre, razão da necessidade da mistura do carvão nacional com o importado.

GOMES et al. (1998) relataram que, como parte da estratégia para auto-suficiência em épocas de crise adotada na década de 50, a siderurgia a alto-forno nacional, implantada no pós-Segunda Guerra, utilizou o coque fabricado com

40% de carvão metalúrgico nacional e com 60% de carvões metalúrgicos importados, de menores custos e com teores mais reduzidos de cinza e enxofre. Porém, dada a expansão da indústria siderúrgica nas três décadas seguintes, o esforço para reduzir custos e aumentar a produtividade levou ao aumento progressivo da participação da parcela importada de carvão na mistura do coque, de 60% para 80%, para 90% e, finalmente, para 100%.

Conforme BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (1999), do consumo total de carvão metalúrgico, 100% vêm do exterior e, desse total, 79% são transformados em coque. Além disso, ainda são importadas 1.526.000 toneladas de coque, o que representa 16% do total consumido, no país, desse redutor. Conforme afirmaram GOMES et al. (1998), o carvão metalúrgico e o coque são itens de grande importância, em quantidade e valor, nas importações nacionais, visto que contribuem, de modo significativo, para o déficit da balança comercial. A distribuição, por país de origem, das importações de carvão mineral abrange Estados Unidos, 49%; Austrália, 26%; Canadá, 10%; Polônia, 7%; e África do Sul, 6%. O coque é importado da China (32%), da Polônia (30%), do Japão (20%) e da Austrália (7%) (CÉSAR, 1995).

Segundo CÉSAR (1995), o carvão mineral é encontrado em quantidades significativas nos cinco continentes. As maiores reservas encontram-se na Rússia ($4.434.100 \cdot 10^6$ ton.), na China ($2.306.402 \cdot 10^6$ ton.) e nos Estados Unidos ($1.145.492 \cdot 10^6$ ton.). As reservas brasileiras totalizam $30.976 \cdot 10^6$ toneladas. As principais jazidas carboníferas localizam-se nos Estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, e este último detém 80% das reservas daquele recurso (SAMPAIO et al., 1994). Em razão das características do carvão brasileiro, ele é mais indicado para uso energético, sendo poucas as jazidas de carvão metalúrgico. Há dificuldade em se obter um único carvão com as propriedades necessárias para fabricar o coque, o que leva as companhias siderúrgicas brasileiras a usarem misturas de carvões para alcançarem os padrões mínimos de qualidade e custo. De acordo com SAMPAIO et al. (1994), os únicos carvões brasileiros utilizados na produção são os da Bacia Carbonífera de Santa Catarina.

Por outro lado, o Brasil ocupa, atualmente, o primeiro lugar no mundo em áreas reflorestadas com madeira de eucalipto, devido aos programas de incentivos fiscais e subsídios para reflorestamentos implementados nas décadas de 60 e 70 (GUERRA, 1995).

Na primeira metade da década de 60, implantou-se o Programa de Incentivos Fiscais ao Florestamento e Reflorestamento e, na segunda metade da década de 70, instituiu-se um programa de crédito subsidiado a pequenos e médios imóveis rurais (Repemir). Em decorrência desses e de outros programas, aliados à iniciativa privada e à demanda criada pelo Programa Nacional de Papel e Celulose, pelo Programa de Siderurgia a Carvão Vegetal e pelo Programa de Substituição Energética, a área reflorestada no Brasil passou de, aproximadamente, 500 mil hectares, em 1964, para 5,9 milhões de hectares, em 1984. Esses reflorestamentos concentraram-se em Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, que, juntos, possuíam 88,76% das árvores existentes em 1985, e foram realizados por empresas rurais, boa parte das quais é subsidiária de grandes empresas industriais consumidoras de matéria-prima florestal.

A partir de 1989 até os dias de hoje, com o fim dos incentivos fiscais, as grandes empresas consumidoras de matéria-prima florestal dedicaram-se ao reflorestamento, com a preocupação de reduzir custos e aumentar a produtividade, e incrementaram, com apoio de governos estaduais, programas de incentivo ao reflorestamento em pequenas e médias propriedades rurais (ANTONÂNGELO e BACHA, 1998).

Os destinos mais comuns para a madeira de reflorestamento são toras para a indústria de celulose, toras para serraria, postes e mourões, lenha e carvão vegetal. O setor siderúrgico, em 1997, consumiu 85% do total demandado de carvão vegetal. As principais empresas deste setor que utilizam carvão vegetal estão localizadas no Estado de Minas Gerais e consumiram, em 1997, 73% do total do carvão vegetal consumido no Brasil. Muitas dessas empresas possuem reflorestamentos próprios, mas ainda não são auto-suficientes no abastecimento desse termorredutor.

A utilização do carvão vegetal provoca externalidades positivas quando estimula o reflorestamento. No Brasil, a indústria florestal contribui, substancialmente, para a economia nacional, em relação a geração de renda, salários, empregos, recolhimento de impostos, agregação de valores e formação de divisas. Essa indústria é responsável por 5% da formação do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, emprega 1,2 milhão de trabalhadores e responde por uma exportação de US\$ 2 bilhões anuais, com uma produção anual de US\$ 15 bilhões (Garlippi, 1995, citado por VALVERDE, 1996).

BACHA (1999) definiu o Sistema Agroindustrial da Madeira (SAG) como o conjunto dos segmentos ofertantes de produtos e serviços à silvicultura, à extração vegetal e às atividades processadoras e distribuidoras de produtos que, em sua elaboração, utilizam a madeira. Fazem parte do SAG: a) As indústrias que elaboram insumos a serem usados na extração vegetal e na silvicultura, as empresas que comercializam esses produtos e as prestadoras de serviços a estabelecimentos silvicultores e de extração vegetal; b) Os estabelecimentos silvicultores e de extração vegetal; c) Os segmentos industriais que realizam a primeira transformação industrial da madeira ou do carvão vegetal, caso de empresas siderúrgicas, de processamento mecânico da madeira e do setor de celulose e papel; e d) Os segmentos industriais que realizam a transformação de produtos elaborados a partir da madeira ou da sua distribuição.

O carvão vegetal tem importante participação na estrutura de consumo energético do país, visto que, nos balanços energéticos dos últimos anos, apresentou a mesma faixa de consumo que o álcool combustível e a gasolina (MEDEIROS, 1995). A produção desse insumo e a sua destinação para uso na siderurgia sempre estiveram associadas à idéia de devastação ambiental, uma vez que implica o desmatamento de florestas nativas que desencadeia uma série de desequilíbrios no ecossistema. Há demanda desse recurso por parte do setor siderúrgico e por parte do consumo doméstico, o que leva as empresas a implantarem reflorestamentos em várias regiões do país, mas grande parte do carvão ainda é proveniente da vegetação nativa e fornecida por pequenos produtores ou por carvoeiros independentes (SILVA e SILVA, 1996). Segundo

MEDEIROS (1995), no Brasil são desmatados cerca de 654.000 hectares de matas nativas a cada ano, processo esse que vem provocando fortes pressões ambientais com ameaça de extinção de espécies animais e vegetais.

A região produtora de carvão vegetal para a siderurgia compreende quase todo o Estado de Minas Gerais (principalmente as regiões Norte e Noroeste), o Norte da Bahia e partes de Goiás e do Mato Grosso do Sul (MEDEIROS, 1995). Segundo SILVA e SILVA (1996), a demanda de carvão vegetal foi relativamente estável ao longo do ano, mas, nos últimos anos, tem-se observado diminuição em seu consumo total. Este fato é atribuído à pressão da sociedade para que se reduza o uso do carvão oriundo de florestas nativas e à queda do preço do coque no mercado internacional, em decorrência da abertura comercial. Conforme ANTÔNANGELO e BACHA (1998), de 1991 a 1994, o preço em dólar do coque importado pelo Brasil teve tendência decrescente e, de 1994 a 1995, seu preço em reais diminuiu, devido à valorização cambial.

Conforme SILVA e SILVA (1996), a oferta do carvão vegetal, assim como seu preço, dadas as suas condições “edafoclimáticas”, está sujeita às flutuações estacionais e aleatórias, além disso, segundo GUERRA (1995), o mercado de carvão vegetal é considerado desorganizado. Neste comércio, colocam-se, de um lado, as indústrias siderúrgicas, suas empreiteiras e seus intermediários e, de outro, os proprietários rurais e os carvoeiros profissionais e temporários. Entre os dois grupos estão os órgãos governamentais, como o Instituto Estadual de Florestas (IEF), o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Polícia Florestal, que atuam na tentativa de eliminar o comércio do carvão que não se origina de reflorestamentos ou de matas produzidas de forma sustentável. A concentração desse comércio é expressiva no Estado de Minas Gerais, e as principais praças são Montes Claros, Pirapora, Divinópolis, Rio Piracicaba, Ouro Preto, Santos Dumont e Sete Lagoas, considerado o mercado mais forte do Estado. Outro mercado importante é o de Carajás, onde a cotação do carvão é a mais baixa.

A condução dos reflorestamentos, por outro lado, sofre críticas em diferentes aspectos. Em estudo realizado por BARBOSA (1994), atribuem-se à

atividade alguns custos ambientais e sociais, tais como concentração fundiária, desenvolvimento da monocultura, assalariamento do pequeno produtor, migrações, extinção da fauna e da flora e poluição ambiental. Por outro lado, o mesmo estudo aponta também, como benefícios, a criação de pólos de desenvolvimento, aumento de arrecadação de impostos, criação de oportunidades de empregos diretos e indiretos, aumento de renda na forma de salários gerados, fixação do homem no campo, atendimento ao consumo de produtos florestais, preservação ambiental, preservação dos mananciais e controle das emissões atmosféricas.

A atividade de carvoejamento, por sua vez, também é objeto de discussão. Sabe-se que as condições de trabalho são subumanas, as tarefas estafantes e ainda há exploração de menores (MEDEIROS, 1995). É possível acreditar, porém, que essas condições sejam mais graves na extração do carvão mineral, uma vez que essa atividade ocorre em minas subterrâneas, e o indivíduo que ali trabalha se encontra exposto a uma série de riscos inerentes àquele ambiente.

Conforme SILVEIRA (1980), durante a década de 70, com as crises do petróleo, espalhou-se pelo mundo a preocupação com o preço e com a disponibilidade dos recursos energéticos, de maneira geral. No Brasil, intensificaram-se os estudos sobre a viabilidade do carvão vegetal na siderurgia. Diversos trabalhos foram realizados com o objetivo de analisar, comparativamente, a viabilidade econômica da utilização do carvão vegetal e do coque na siderurgia, como os de BORGES e COLOMBAROLI, 1978; SILVEIRA, 1980; MAZZARELLA et al., 1994; e SINDIFER, 1997.

BORGES e COLOMBAROLI (1978) publicaram um trabalho em que procuraram demonstrar a viabilidade de um grande parque siderúrgico a carvão vegetal no Brasil. Vários aspectos foram levantados e comparados, dentre eles, a tecnologia e a competitividade do carvão vegetal em relação ao coque. Quanto à tecnologia, afirmaram que

o Brasil é o melhor exemplo que se pode tomar para a siderurgia a carvão vegetal. Está produzindo mais de 3,6 milhões de toneladas por ano de gusa a

carvão vegetal sem qualquer problema de ordem técnica e independente de tecnologia alienígena (BORGES e COLOMBAROLI, 1978:24).

Quanto aos custos, esses autores apontaram que,

tomando-se o custo atual do coque a US\$ 120,00/ton. e o consumo específico de 0,48ton. coque/ton. gusa, a incidência do custo do termo-redutor seria de US\$ 57,60/ton. gusa. Nestas condições e considerando o consumo de 3,2 m³ de carvão vegetal/ton. gusa, permite-se remunerar o termo-redutor renovável a US\$ 18,00/m³, o que é perfeitamente exequível para as condições brasileiras (BORGES e COLOMBAROLI, 1978:25).

Em conclusão, esses autores fizeram, dentre outras, as seguintes afirmações:

A siderurgia a carvão vegetal é uma realidade para os trópicos, com tecnologia conhecida e dominada, garantia de suprimento, previsão de preços do termo-redutor, flexibilidade de escala, além de ser economicamente competitiva com técnicas similares e com grande repercussão social para as áreas envolvidas. (...) A siderurgia a carvão vegetal pode ser utilizada em uma ampla gama de escalas, desde o aproveitamento de potencial e demanda regionais até a solução da siderurgia pesada de um país (BORGES e COLOMBAROLI, 1978:26).

SILVEIRA (1980), por sua vez, realizou estudo sobre o custo com a aquisição do coque e com a produção do carvão vegetal, necessários à produção de 300.000 toneladas anuais de aço. No cômputo do custo da tonelada do coque foram considerados o preço do carvão nacional e do carvão importado e o custo do investimento para uma coqueria com capacidade para produzir 180.000 toneladas. No custo do metro cúbico do carvão vegetal foram considerados os custos de reflorestamento, corte e transporte aos fornos; de fabricação e transporte de carvão; de administração, descarga, estocagem, beneficiamento, controle de recepção e qualidade; e de manutenção de equipamentos.

Para efeito de comparação, os valores foram expressos em peso, para iguais porcentagens de carbono contidas nos carvões e necessárias a um bom redutor. Como resultado, obtiveram-se custos de US\$ 153,49 com carvão vegetal e de US\$ 152,56 com coque para produção de 300.000 t de aço, custos estes, segundo este autor, praticamente iguais.

MAZZARELLA et al. (1994), ao compararem os custos dos redutores para a siderurgia, afirmaram que a mudança parcial do uso do carvão vegetal para o coque se devia, basicamente, a fatores relacionados com custo e disponibilidade. Isso ocorria porque, quando possível, a madeira de

reflorestamento era destinada ao setor de papel e celulose, no qual a remuneração era maior, e o carvão de cerrado, embora de menor custo, tinha seu suprimento decrescente devido à legislação, que obrigava as siderúrgicas a consumir, até 1999, 100% do carvão de reflorestamento.

No cálculo dos custos do carvão vegetal de cerrado consideraram-se os preços desse carvão posto-carvoeiro mais custo de transporte, que, na época do estudo, era de 36% a 57% do preço posto-usina, e a densidade média de $0,250\text{t/m}^3$, ou seja, um metro cúbico de carvão, que equivalia a 0,250 tonelada. Dessa forma, o carvão vegetal posto-usina custaria US\$ 88,00 a US\$ 112,00/t. Considerando a relação de substituição entre carvão vegetal e coque normalmente adotada, segundo esse autor, de 1,25 tonelada de carvão vegetal para 1 tonelada de coque, o coque seria vantajoso abaixo de US\$ 110,00/t posto-usina. Na época deste estudo, as usinas reportavam o custo do coque de US\$ 90,00 a US\$ 100,00/t, mas, no mercado "spot", a compra se situava entre US\$ 120,00 e US\$ 140,00/t. O custo do carvão de reflorestamento foi estimado em US\$ 139,00/t. Os fatores que poderiam afetar, diretamente, o custo do redutor eram a produtividade do eucalipto, o rendimento do processo de carvoejamento, a densidade do carvão resultante e o teor de carbono fixo. Segundo esses autores, os índices desses fatores estariam apresentando tendências de crescimento (MAZZARELLA et al., 1994).

O SINDIFER (1997), ao comparar o custo do carvão vegetal com o do coque na produção do ferro-gusa, obteve os seguintes resultados:

- No alto-forno a coque, o custo de uma tonelada de ferro-gusa era US\$ 155,10; no processo alternativo de mini-alto forno a coque, US\$ 121,60; e no mini-alto forno a carvão vegetal, US\$ 105,6. No estudo da competitividade interna, o preço do coque competitivo foi US\$ 120,00/t, e nos locais mais favoráveis à compra (China e Venezuela), US\$ 95,00, mas, em Minas Gerais, US\$ 120,00/t.
- Quanto ao preço do carvão vegetal, o preço competitivo foi R\$ 25,00/mdc, enquanto este era comercializado a R\$ 22,95/mdc em Minas Gerais e a sua menor cotação era R\$ 16,00/mdc, em Carajás.

Na análise destes estudos, observa-se que a viabilidade de um redutor em relação ao outro está relacionada com o contexto econômico da época, de forma que, dadas as condições de taxa de câmbio e de comercialização externa, define-se a competitividade relativa de um redutor em relação ao outro.

1.2. O problema e sua importância

Com base nos estudos apresentados, observa-se que as diferenças entre custos de carvão vegetal, na siderurgia, e custos de coque são pequenas; o que confere vantagem a um ou a outro termorreduzidor são as condições de produção e de mercado do carvão vegetal e as condições vigentes no momento da compra do coque, ou seja, a situação cambial e a política comercial externa.

Nesse contexto, torna-se interessante o estudo econômico da utilização do carvão mineral e do carvão vegetal pelas empresas siderúrgicas, observando os impactos positivos e negativos gerados pela utilização de ambos os redutores. Tendo em vista as características intrínsecas e extrínsecas do carvão mineral e do carvão vegetal de reflorestamento, algumas situações podem ser observadas, quais sejam, a utilização de um recurso não-renovável, importado e agressor ao meio ambiente como fator de produção; a viabilidade econômica e social da utilização do carvão vegetal doméstico de reflorestamento; a substituição do carvão mineral importado; e a demanda externa de produtos da siderurgia nacional que respeita normas ambientais.

De acordo com SILVEIRA (1980), já que o Brasil é um país que possui poucas reservas de carvão metalúrgico e que depende, substancialmente, da importação desse redutor, o carvão vegetal seria uma alternativa viável à siderurgia nacional, tendo em vista que não há grandes diferenças entre um projeto de alto-forno a coque e um projeto de alto-forno a carvão vegetal. Essa questão da tecnologia é confirmada na empresa, objeto de análise deste estudo, por meio de seus diretores de produção.

Tendo em vista que o carvão vegetal e o carvão mineral são substitutos em termos de tecnologia e de custo, questiona-se, nesta pesquisa, o porquê de o

carvão vegetal não ser definitivamente preferível ao coque, dadas as condições favoráveis à produção de carvão vegetal no Brasil.

Para analisar esta questão, estudou-se a competitividade dos termorreductores por meio dos custos, variável de relevante importância na competitividade de um bem econômico.

Considerando que a competitividade relativa dos carvões é condicionada à conjuntura econômica e empresarial, torna-se interessante estudar as possibilidades que descaracterizariam essa condição, tornando o carvão vegetal efetivamente mais vantajoso em relação ao coque, no período de 1995 a 1999.

É interessante destacar que o período 1995 até 1999 foi peculiar no Brasil, no que se refere à política cambial. Em virtude do Plano Real implementado em 1994, a moeda nacional apresentou-se sobrevalorizada e, desse período até 1999, passou por graduais desvalorizações controladas pelo Banco Central (BANCO CENTRAL DO BRASIL - BACEN, 1999). Neste período, o mercado brasileiro, consumidor de produtos disponíveis no mercado internacional, direcionou suas negociações ao setor externo, provocando certa vulnerabilidade dos fornecedores nacionais daqueles produtos.

A análise da competitividade do carvão vegetal em relação ao coque torna-se possível mediante o conhecimento das relações técnicas da empresa e dos preços por ela pagos aos redutores; e dos possíveis valores admitidos pelas variáveis significativas à formação do custo, no período analisado. Por meio da técnica de simulação utilizada na análise de risco, simulação de Monte Carlo, é possível provocar essas alterações criando distribuições de probabilidades dos custos do carvão vegetal e do coque mineral para produção do ferro-gusa.

Dessa forma, o ponto central deste estudo foi analisar o custo financeiro da obtenção do carvão vegetal e do coque mineral para produção do ferro-gusa, no caso de uma empresa siderúrgica localizada no Vale do Aço, Estado de Minas Gerais. Incorporou-se, ainda, a análise de risco neste custo, para determinação da competitividade relativa dos redutores, utilizando dados históricos do período de 1995 a 1999.

Em face da participação da empresa analisada na produção nacional de aço e ferro-gusa, os resultados oriundos deste trabalho serão de grande relevância para as grandes siderúrgicas nacionais, pois, em relação à siderurgia, esta empresa é considerada de médio porte e, em relação à siderurgia a carvão vegetal, de grande porte.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo foi analisar o custo financeiro da utilização do coque mineral e do carvão vegetal na produção do ferro-gusa em uma empresa siderúrgica localizada na região do Vale do Aço, no Estado de Minas Gerais. Além disso, objetivou-se incorporar ao estudo a análise de risco, com vistas em verificar as condições de competitividade relativa desses termorreductores em função das variáveis econômicas que a determinam.

1.3.2. Objetivos específicos

Especificamente, pretendeu-se:

- a) Determinar o custo do coque mineral, do carvão vegetal adquirido no mercado e do carvão vegetal produzido pela própria empresa na produção de uma tonelada de ferro-gusa;
- b) Identificar os limites do custo de produção do carvão vegetal produzido pela própria empresa dentro dos quais ele se tornaria competitivo em relação ao coque mineral;
- c) Identificar os limites de preço de mercado do carvão vegetal dentro dos quais ele se tornaria competitivo em relação ao coque mineral;
- d) Identificar os limites dentro dos quais os custos do carvão vegetal de produção própria da empresa seriam competitivos em relação ao carvão vegetal adquirido no mercado.

2. O SETOR FLORESTAL

O setor florestal preocupa-se com algumas questões macroambientais, em específico, com o meio ambiente e com as mudanças climáticas, que estimulam a busca da maior eficiência do setor e sugerem uma tendência à maior utilização dos produtos do complexo florestal. Nesse contexto, pode-se visualizar o estímulo à utilização do carvão vegetal de reflorestamento em lugar de seus substitutos que possuem maior poder de agressão ao meio ambiente. São manifestações evidentes, neste sentido, a Legislação Florestal e a criação da commodity ambiental.

Este capítulo apresenta uma descrição da legislação florestal, do mercado de carbono e da tecnologia do setor florestal, evidenciando as tendências da produtividade e dos custos da atividade florestal direcionada ao setor produtivo.

2.1. A legislação florestal e a madeira para consumo das empresas

O uso da madeira no setor produtivo é regulamentado pela legislação florestal e monitorado pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF). A Lei Florestal, do Estado de Minas Gerais, n.º 10.561, de 17 de dezembro de 1991, tem a finalidade de controlar a exploração, a utilização e o consumo dos subprodutos florestais e desenvolver ações, com vistas em suprir a demanda de produtos

florestais sujeitos à exploração e ao uso. Dessa forma, o Poder Executivo criou mecanismos de fomento a florestamento e reflorestamento, objetivando, no que se refere à atividade produtiva, o suprimento do consumo de madeira, de produtos lenhosos e de subprodutos para uso industrial, doméstico e social; e a minimização do impacto da exploração e da utilização dos adensamentos florestais nativos.

Pela legislação, as florestas e as demais formas de vegetação nativas são classificadas em produtivas, com restrição de uso e de produção. Para a finalidade de produção, a lei prevê as situações descritas a seguir.

A exploração de florestas nativas primárias ou em estágio médio ou avançado de regeneração, consideradas por lei sujeitas ao corte ou à utilização, para fins de carvoejamento, aproveitamento industrial, comercial ou outras finalidades, somente pode ser feita por meio dos Planos de Manejo Florestal e de Rendimento Sustentado. Este plano é projetado e executado com o objetivo de prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas locais e assegurar um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Por lei, ficam obrigadas ao registro e a sua renovação anual, no órgão competente, as pessoas físicas ou jurídicas que explorem, utilizem, consumam, transformem, industrializem ou comercializem, sob qualquer forma, produtos e subprodutos da flora. As pessoas físicas e jurídicas assim registradas, que industrializem, comercializem, beneficiem, utilizem ou sejam consumidoras de produtos ou subprodutos florestais, cujo volume anual seja igual ou superior a 12.000 estéreis ou a 4.000 m³ de carvão, incluindo seus respectivos resíduos ou subprodutos, tais como cavaco, moinha e outros, observados seus respectivos índices de conversão, deverão promover a formação ou a manutenção de florestas próprias ou de terceiros, capazes de as abastecerem na composição de seu consumo integral.

Em 1991, quando foi criada a legislação florestal, as empresas tornaram-se obrigadas a atingir o auto-suprimento pleno, em prazo de cinco a sete anos (a partir de 1992), da matéria-prima proveniente de florestas. No ano de 1992, as empresas poderiam utilizar, no máximo, 70% de matéria-prima de origem nativa,

comprometendo-se a reduzir essa proporção ao longo do período. As empresas teriam de apresentar cronogramas em que constasse a previsão do alcance do auto-suprimento dentro do prazo estabelecido pela lei (cinco a sete anos).

2.2. O mercado de carbono e o setor florestal

AMARAL (1999) fez comentários sobre o mercado de carbono e a participação do setor florestal nos projetos de desenvolvimento limpo.

Em razão das mudanças climáticas, desde 1992, quando da assinatura da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, várias reuniões foram realizadas entre os países signatários deste documento, as chamadas Conferências das Partes (COPs), para tentar encontrar alternativas para solução dos problemas causados pelos gases do efeito estufa. O Protocolo de Quioto, Japão, assinado em dezembro de 1997, criou uma série de mecanismos de flexibilização de comércio de emissões de gases do efeito estufa, principalmente de emissões que se baseiam no princípio de que esses gases, apesar de serem emitidos localmente, possuem dispersão ampla, causando problemas globais e permitindo, dessa forma, a adoção de práticas de comércio de emissões dentro e entre países.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um instrumento de cooperação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, cujo objetivo é o direcionamento de capital e tecnologia aos países em desenvolvimento, para promoção do desenvolvimento sustentado. Esse mecanismo deverá gerar certificados de créditos de redução de emissão (CRE) dos gases do efeito estufa, principalmente dióxido de carbono, para que os países desenvolvidos possam atingir as metas estabelecidas no protocolo. Esses créditos poderão ser comercializados de forma semelhante à das commodities agrícolas em bolsas de mercadorias e futuros, ou mesmo entre países ou empresas diretamente.

Caberá a um comitê executivo do MDL, levando em conta os princípios estabelecidos pelo Protocolo de Quioto, a definição dos critérios para elegibilidade dos projetos aos quais serão conferidos créditos de carbono, bem

como a duração destes. Os projetos elegíveis para receber esses créditos podem ser destinados ao aumento da eficiência energética, à substituição de combustíveis fósseis, à energia limpa, a projetos florestais, entre outros.

Projetos florestais como alternativas às mudanças no uso do solo e que contribuam para redução das taxas de desmatamento são iniciativas importantes para o desenvolvimento sustentável de regiões com aptidão florestal, bem como para a fixação de mão-de-obra na zona rural e para a geração de empregos. Dessa forma, segundo AMARAL (1999), o governo brasileiro, a iniciativa privada, os cientistas e as organizações não-governamentais devem unir esforços para a elaboração de novos projetos florestais, tecnicamente adaptados às exigências do MDL, em curto espaço de tempo.

No Brasil, há várias iniciativas que visam à formatação de projetos de carbono. Há iniciativas para fomento desse mercado tomadas pela Câmara de Comércio Americana, por meio do Fórum de Aspen, que vem promovendo reuniões semestrais no Brasil e nos Estados Unidos para discutir o assunto com empresários (compradores e vendedores de projetos), pesquisadores e ONGs. Na USP, um grupo de professores tem procurado desenhar projetos-pilotos de carbono que contribuiriam para a definição de indicadores para quantificação e certificação dos projetos de carbono, nas mais diversas áreas. Várias ONGs vêm divulgando suas iniciativas de projetos de carbono na área florestal, por exemplo, no Mato Grosso, no Paraná, em São Paulo, entre outros. Na iniciativa privada, ressalta-se o trabalho da PLANTAR, empresa florestal localizada em Minas Gerais, para substituição, na indústria siderúrgica, do carvão mineral por carvão vegetal a partir da madeira de reflorestamento. Segundo reportagem na Revista Exame (SEQÜESTRO..., 2000), a companhia vai investir 23 milhões de dólares no plantio de 23.000 hectares de eucaliptos e aprisionar 3 milhões de toneladas de carbono, em 21 anos. Este projeto vai estocar o carbono em árvores e fixá-lo no ferro-gusa, que é o melhor candidato brasileiro à certificação do MDL. Uma tonelada de ferro-gusa produzida com carvão mineral gera 1,8 tonelada de CO₂; com a produção de carvão vegetal, resgata-se 1,1 tonelada do gás da atmosfera.

2.3. A tecnologia no setor florestal

Segundo NAHUZ (1999), os aspectos da tecnologia aplicada às etapas de produção e ao uso das madeiras de reflorestamentos podem ser visualizados nos segmentos descritos abaixo.

Na produção da matéria-prima, a tecnologia incide na seleção de espécies ou de clones adequados à região de plantio e no uso final pretendido. Implica o planejamento da produção e o manejo sustentável, visando à continuidade da operação, e estabelece as melhores práticas silviculturais como ciclo de corte adequado ao produto para o qual se destina, época de desbastes, cortes finais defasados adequados à operação industrial, seleção de árvores sementeiras ou fontes de material vegetativo, seleção da melhor lotação por hectare.

Na exploração racional das florestas, a tecnologia adequa a velocidade e o volume de extração de madeira ao consumo da indústria; recomenda a execução de cortes descontínuos no tempo e no espaço para minimizar o impacto ambiental; maximiza a produção de madeira de qualidade, reduzindo resíduos de exploração; e ordena a produção florestal.

Neste sentido, SOUZA (1999) realizou um estudo econômico sobre a reforma de um povoamento florestal de eucalipto e utilizou uma metodologia que permitisse retratar, com fidelidade, o comportamento da produtividade e dos custos ao longo do tempo. Ao analisar o período a partir dos anos 60 e projetar os resultados até o ano de 2040, esse autor concluiu que a taxa de progresso tecnológico exerce influência na rotação econômica e no número de cortes das árvores; que o progresso tecnológico no setor ocorre de forma lenta, porém constante, evidenciado pelo aumento da produtividade e pela redução dos custos no setor nos últimos 40 anos; e que a tendência no setor florestal é trabalhar na redução dos custos, uma vez que a produtividade dos plantios atuais já alcança altos índices, e qualquer ganho neste campo será pequeno, principalmente para o Estado de Minas Gerais, onde os plantios se localizam em áreas cuja capacidade produtiva é limitada.

O mercado de commodities ambientais, associado às tendências de custos menores na produção florestal, cria expectativas favoráveis aos consumidores de matérias-primas e energéticos de origem florestal. Estes dois fatores têm maior eficiência na ampliação de reflorestamentos para fins produtivos, quando comparados à Legislação Florestal.

3. METODOLOGIA

3.1. Modelo teórico

3.1.1. Custos privados de produção

O modelo teórico a ser utilizado neste trabalho está baseado na teoria de custos de produção (VARIAN, 1993; FERGUSON, 1994).

Essa teoria consiste em uma análise dos custos de produção de um bem ou serviço, a partir de dada função de produção. Segundo FERGUSON (1994), a produção refere-se à criação de um bem ou serviço que atenda às necessidades humanas. Esse processo de criação requer a transformação de um conjunto de fatores em um produto final, por meio de uma tecnologia conhecida e disponível, a qual é resultante da relação existente entre fatores e produto, formalmente descrita pela função de produção.

Uma função de produção é a relação física entre os recursos produtivos de uma firma e o seu produto, por unidade de tempo. Visto que há muitas técnicas de produção para um mesmo produto, supõe-se que a firma sempre utilizará aquela que, dados os seus custos, seja a mais eficiente. Sendo assim, uma função de produção mostra o máximo de produto possível para cada

combinação de fatores, dada a tecnologia disponível. Matematicamente, essa função pode ser descrita como

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

em que y = produto físico total; $x_1, x_2, \dots, x_n$ = fatores de produção.

Conhecidos a função de produção e os preços dos fatores, torna-se possível determinar os custos de produção. Assim, como existe relação entre a quantidade física de fatores e o produto físico total, há relação entre os valores monetários dos fatores e o custo do produto, a qual é representada pela função de custo de produção. Segundo VARIAN (1993), uma função de custo mostra o custo mínimo de produção de um bem qualquer, dados os preços dos fatores utilizados. Matematicamente, tem-se

$$CT = f(P_{x1}X_1, P_{x2}X_2, \dots, P_{xn}X_n), \quad (2)$$

em que CT = custo de produção de Y , por unidade de tempo; $P_{x1}, P_{x2}, \dots, P_{xn}$ = preços dos fatores de produção.

A teoria dos custos de produção trabalha as várias formas com que se podem medir esses custos. Para cada uma dessas formas há uma função e uma curva correspondente. Uma das classificações desses custos diz respeito à situação de produção quanto à mobilidade de fatores. Classificam-se, nesta modalidade, os custos de longo prazo, que são aqueles que ocorrem em uma situação de produção em que todos os recursos produtivos são variáveis, ou seja, a planta da fábrica e todos os demais recursos podem ser modificados. Essa situação, na verdade, representa o horizonte de planejamento, de tal forma que o empresário pode encontrar aquela planta que lhe ofereça o menor custo médio de produção. Os custos de curto prazo referem-se à situação em que alguns fatores são variáveis e outros são fixos e à situação em que todos os fatores são fixos e os custos são de curtíssimo prazo.

A definição dos custos de curto prazo, segundo VARIAN (1993), é apresentada a seguir.

Alguns dos custos da firma independem do nível do produto e são definidos como custos fixos, enquanto outros ocorrem somente a partir da produção da primeira unidade de produto e variam à medida que a produção aumenta, definidos como custos variáveis. Destes custos é possível identificar os custos médios, que são calculados como a medida dos custos totais por unidade do produto. A partir daí, obtêm-se as funções de custo médio, custo variável médio e custo fixo médio.

A função de custo fixo médio mostra o custo fixo por quantidade produzida e é, matematicamente, expressa por

$$CFM = CFT/Y, \quad (3)$$

em que CFM = custo fixo médio de produção; CFT = custo fixo total de produção; Y = produto físico total.

A função de custo variável médio mostra o custo variável por quantidade produzida, expressa por

$$CVM = CVT/Y, \quad (4)$$

em que CVM = custo variável médio de produção; CVT = custo variável total de produção.

A função de custo médio total mede o custo total por unidade de produto,

$$CTM = CT/Y, \quad (5)$$

em que CTM = custo médio de produção. A expressão (5) pode ser definida por

$$CTM = CFM + CVM. \quad (6)$$

Define-se também o custo marginal, que equivale ao gasto necessário para produzir uma unidade a mais de produto. Matematicamente, é a razão entre a mudança nos custos e a mudança no produto:

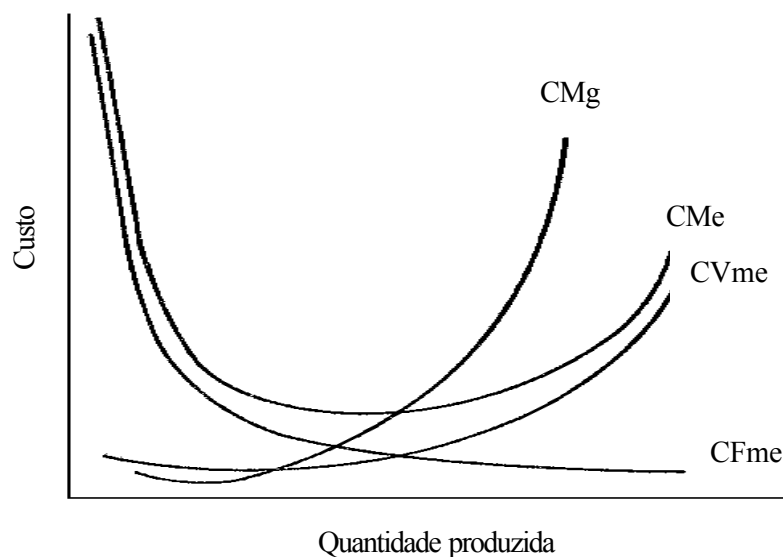
$$CMg = \Delta CT / \Delta Y, \quad (7)$$

em que CMg = custo marginal de produção; ΔCT = variação no custo total de produção; ΔY = variação marginal na quantidade produzida.

Graficamente, a curva de custo médio tem o formato da letra U, ou seja, apresenta uma fase decrescente, em razão da queda dos custos fixos, à medida que a produção aumenta, e uma fase crescente, devido ao aumento dos custos variáveis, à medida que, também, aumenta o nível de produto.

A curva de custo variável médio acompanha o formato da curva de custo médio. Com o aumento progressivo da produção, a curva de custo médio tende a aproximar-se da curva de custo variável médio, em razão da queda dos custos fixos.

Para a primeira unidade de produto, o custo marginal é igual ao custo variável médio. À medida que a quantidade produzida aumenta, na fase decrescente do custo variável médio, o custo marginal vai se tornando menor em relação a este custo. Na fase crescente do custo variável médio, o custo marginal é relativamente maior. Graficamente, a curva do custo marginal deve estar abaixo da curva de custo médio, à esquerda de seu ponto do mínimo, e acima da curva à direita deste ponto. O mesmo ocorre com a curva de custo médio total. Assim, a curva de custo marginal intercepta as curvas de custo variável médio e custo médio em seus pontos mínimos. A Figura 4 mostra, graficamente, as curvas de custo médio, custo fixo médio, custo variável médio e custo marginal.



Fonte: FERGUSON (1994).

Figura 1 - Gráfico das curvas de custo médio, fixo médio, variável médio e custo marginal.

3.2. Modelo analítico

3.2.1. Custos do carvão vegetal de reflorestamento

Para determinação dos custos do carvão vegetal de reflorestamento, é necessário desmembrá-los em dois itens, sendo o primeiro o custo médio de produção da madeira, medido em reais por estéreo (R\$/st), e o segundo, o custo médio de carvoejamento do metro de carvão. Após estimativas desses custos, chega-se, então, ao custo médio por metro de carvão (R\$/mdc).

O custo da madeira é determinado pelo critério do custo médio de produção (C_{meM}), adaptado ao caso da atividade florestal, que possui um ciclo de produção relativamente longo, denominado “rotação florestal”, que varia de seis a oito anos (SMITH, 1989). Por esse motivo, os custos e receitas ocorrem em diferentes pontos no tempo, sendo necessária, para qualquer estudo comparativo,

a atualização desses valores, mediante sua capitalização ou descapitalização. Em razão disso, o custo médio de produção da madeira é determinado pela divisão do somatório do valor presente dos custos de produção pelo volume equivalente de madeira, definido como a atualização dos volumes produzidos ao longo do ciclo de cortes, à mesma taxa de desconto utilizada no fluxo de custos (SMITH, 1989).

Segundo LOPES (1990), esses custos são classificados com base no tempo e na frequência com que ocorrem e são determinados da forma a seguir.

a) Custos de implantação (CI)

Esses custos ocorrem apenas uma vez, no início do projeto de florestamento, e é composto pelo somatório dos seguintes itens: infra-estrutura (preparo do lotes de plantio, abertura de estradas e aceiros e construção de cercas); combate inicial à formiga; preparo do terreno (desmatamento, destoca, nivelamento, enleiramento, encoivramento e desencoivramento, aragem e gradiagem); produção de mudas; fertilização e plantio. Matematicamente, como o custo de implantação ocorre no ano zero, ele corresponde ao seu próprio valor atual (V_A), ou seja,

$$V_A CI = CI, \quad (8)$$

em que $V_A CI$ = valor atual do custo de implantação.

b) Custos de manutenção

b.1) Custos anuais (CA)

Os custos anuais correspondem aos itens combate à formiga e conservação de estradas e aceiros. Como estão distribuídos de forma uniforme ao longo da rotação florestal, estes custos deverão ser atualizados para um único ponto no tempo (ano zero) e podem ser assim definidos

$$V_A C_A = CA \left[\frac{1 - (1+r)^{-j}}{r} \right], \quad (9)$$

em que $V_A CA$ = valor atual dos custos anuais; CA = custos anuais; $(1 + r)^j$ = fator de atualização do custo anual; r = taxa de desconto privada mensal; j = idade do corte da madeira ou rotação florestal, expressa em meses.

b.2) Custos periódicos (CP)

Esses custos correspondem aos custos da primeira e da segunda roçada (R), bateção pré-corte (B) e exploração e extração (E). Cada um desses itens deve ser atualizado de acordo com o período em que ocorrem, em taxas e períodos equivalentes, em meses. O custo periódico total atualizado será determinado por

$$V_A CP = V_A 1.^a R + V_A 2.^a R + V_A B + V_A E, \quad (10)$$

em que V_A = valor atual dos custos periódicos.

O custo médio de produção (Cme_M) da madeira será determinado pelo somatório dos custos atualizados de implantação, custos anuais e custos periódicos, divididos pelo volume equivalente (V_E), sendo

$$Cme_M = \frac{V_A CI + V_A CA + V_A CP}{\Sigma V_E (1 + r)^j}, \quad (11)$$

em que $\Sigma V_E (1 + r)^j$ = volume equivalente de madeira (V_E), atualizado.

Para determinação do custo do carvão vegetal será agregado ao custo médio da madeira o custo médio correspondente à atividade de carvoejamento (Cme_C), descrito como a soma dos vários custos, ou seja, custos de construção dos fornos (CF); de enchimento dos fornos (CEF); de carbonização (CK); de esvaziamento do forno (CES); de carga (CG); de transporte (CT); de descarga (CGE); e de manutenção (CM), todos eles divididos pelo volume total de carvão produzido (VP).

$$Cme_c = \frac{CF + CEF + CK + CES + CG + CT + CGE + CM}{VP}. \quad (12)$$

O custo médio de carvão vegetal (Cme_{CV}) será determinado por

$$Cme_{cv} = Cme_M + Cme_V, \quad (13)$$

em que Cme_M = custo médio de produção da madeira; Cme_V = custo médio de carvoejamento.

Para representar o custo do coque mineral importado, será identificado o preço pago pela siderúrgica por este insumo.

3.3. Análise da competitividade do carvão vegetal em relação ao coque mineral na produção do ferro-gusa

A análise da competitividade do carvão vegetal em relação ao coque mineral é realizada a partir da sistematização de um processo que descreve o comportamento de algumas variáveis consideradas básicas na determinação do custo posto-usina do coque e do carvão vegetal. O parâmetro para análise é o custo que a empresa paga para adquirir o termorreduzidor necessário à produção de uma tonelada de ferro-gusa. Em razão do estado atual de tecnologia da produção do gusa na empresa em análise, esta tem duas opções: a) Consumir coque mineral importado, usualmente, da China e do Japão; b) Consumir o carvão vegetal nacional. Em termos de escolha econômica, as opções são: a) Consumir o coque mineral importado; b) Consumir o carvão local pela compra no mercado; c) Produzir o carvão por meio de reflorestamento próprio. A revisão de literatura, já apresentada neste trabalho, indica que a tecnologia para produção do ferro-gusa possui relativa flexibilidade, o que torna possível a substitutibilidade dos termorreduzidores, desde que a vantagem do termorreduzidor escolhido se mantenha, por determinado tempo, o suficiente para a maturação do investimento realizado na adaptação do processo produtivo. Dessa forma, alguns autores realizaram estudos sobre a competitividade dos redutores, levando em conta o custo de obtenção desses produtos, bem como a tecnologia adaptável.

A partir destes estudos, denota-se que a questão da competitividade entre o carvão vegetal e o coque mineral esteja relacionada com as condições de mercado para compra do coque mineral, principalmente preço internacional e

taxa de câmbio, com as condições de mercado do carvão vegetal e com as condições de reflorestamento e produção do carvão vegetal.

Com base nessas informações, torna-se possível construir um processo descritivo das condições de competitividade do carvão vegetal e do coque mineral para a empresa em estudo.

A empresa em estudo possui reflorestamento próprio, o que viabiliza o estudo sobre o custo de produção da lenha e do carvão vegetal pela própria empresa, inclusive o custo para o suprimento de carvão direto na usina. A partir das estimativas anteriores, determina-se, então, o custo, em reais, de uma tonelada do carvão vegetal posto-usina, produzido pela própria empresa. Determinam-se, também, o preço médio pago em reais posto-usina, pela tonelada de carvão vegetal, e o preço médio pago, em US\$, pela tonelada do coque mineral importado, também posto-usina.

Como parâmetro de comparação, definido o valor em reais despendido na obtenção do carvão vegetal e do coque mineral para produção de uma tonelada de ferro-gusa, por comparação, determina-se, no contexto econômico do período de 1995 a 1999, a opção mais viável à empresa.

Sabe-se, porém, que as condições conjunturais são mutáveis e que a adaptação tecnológica para produzir com determinado redutor requer determinado tempo de retorno, o que exige que a tomada de decisão, feita atualmente, continue sendo viável, ao longo do tempo. Em virtude disso, torna-se necessário incorporar ao modelo as condições de incerteza pelas quais o cenário está sujeito, de forma a considerar as condições de risco. Dessa forma, o modelo passa a ter caráter probabilístico, e são realizadas simulações das variáveis mais significativas, com o objetivo de identificar as condições de competitividade entre o carvão vegetal e o coque mineral, considerando, ainda, a opção entre a produção do carvão vegetal pela siderurgia ou a sua compra no mercado local.

3.3.1. Análise de risco

A incerteza surge quando não se é capaz de prever qual o valor exato que uma ou mais variáveis irão ter em determinado momento. Normalmente, isso ocorre quando se trabalha em condições em que podem ocorrer mudanças. Como citou NORONHA (1987), “as incertezas surgem, em primeiro lugar, porque estamos lidando com valores futuros”. O fato de existir incertezas em determinado modelo descritivo atribui uma condição de risco às análises dos seus resultados. Uma forma de trabalhar este problema é incorporar as incertezas em um modelo de decisão, de forma que o tomador de decisão atue em condições de risco previsto. Neste trabalho, adotou-se a técnica de simulação, visto que ela permite introduzir o risco na análise a ser efetuada.

Conforme SHIMIZU (1984), probabilidade é o valor que mede o grau de incerteza dos eventos. Para se medir essa incerteza associa-se ao evento um valor numérico que varia de 0 a 1, em que o valor 0 indica a incerteza completa de ocorrência desse evento, e 1, a certeza de ocorrência deste. Sendo assim, para cada evento aleatório pode-se definir o valor numérico P (evento), denominado probabilidade do evento, de forma que

$$0 < P(\text{evento}) < 1. \quad (14)$$

A distribuição de probabilidade de uma variável aleatória é a descrição completa das probabilidades de todos os elementos associados a um fenômeno aleatório que se deseja estudar. Para representar matematicamente os eventos, é necessário utilizar uma variável qualquer (X , por exemplo), denominada variável aleatória, que associa, de modo mais representativo possível, valores numéricos aos elementos ou eventos que compõem um fenômeno aleatório. A distribuição de probabilidade de uma variável aleatória contínua x é definida pela função de densidade probabilidade $f(x)$.

A média $E(X)$ é o valor do evento mais provável ou "central", ou seja, a média ponderada de uma distribuição de probabilidade de um evento X , calculado pela fórmula:

$$E(X) = \sum X_i P(X_i), \quad (15)$$

em que $E(X)$ = esperança matemática de X ; $\sum X_i P(X_i)$ = somatório da probabilidade de X_i vezes a frequência de X_i .

A variância $V(X)$ fornece o valor médio do quadrado do afastamento de cada valor particular de X_i de uma variável aleatória X , com relação à média, e é expressa pela fórmula:

$$V(X) = \sum (X_i - \mu)^2, \quad (16)$$

em que $V(X)$ = variância de X ; $\sum (X_i - \mu)^2$ = desvio de X_i em relação à média.

O desvio-padrão $\sigma(X)$ é a medida do afastamento dos valores de x com relação à média μ , ou seja,

$$\sigma(X) = \sqrt{V(X)}, \quad (17)$$

em que $\sqrt{V(X)}$ = raiz quadrada da variância.

A distribuição de probabilidade acumulada é definida como

$$F(X) = P(X \leq x), \quad (18)$$

em que $F(X)$ = probabilidade acumulada de X ; $P(X \leq x)$ = probabilidade de x ser menor ou igual à variável x , encontrada por meio da integral da função densidade probabilidade da variável aleatória x , conforme abaixo:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx, \quad (19)$$

em que $F(X)$ = função de probabilidade acumulada de X , no intervalo de 0 a 1;
 $f(x)$ = função de densidade probabilidade quando $X = x$.

3.3.2. Técnica de simulação de Monte Carlo

Segundo SHIMIZU (1984), a simulação é um processo que possibilita imitar uma realidade por meio de modelos, ou seja, uma modalidade de pesquisa operacional que procura tirar conclusões por meio de exercícios que representam a realidade. As simulações por processos aleatórios possibilitam lidar com situações cuja evolução, no decorrer do tempo, não seja previsível, trabalhando com eventos aleatórios ou probabilísticos – quando sua ocorrência envolve certo risco ou certo grau de incerteza. Um processo que trabalha com variáveis descritas por funções probabilísticas é o método de Monte Carlo.

Segundo NORONHA (1987), o Método de Monte Carlo realiza a simulação na seguinte sequência: a) Identifica a distribuição de probabilidade de cada uma das variáveis relevantes do modelo; b) Seleciona, ao acaso, um valor de cada variável a partir de sua distribuição de probabilidade; c) Calcula o valor da variável dependente cada vez que for selecionada a variável independente; d) Repete o processo até que se obtenha adequada confirmação da distribuição de frequência da variável dependente.

CLEMEN (1991) argumentou que a simulação de Monte Carlo é usada nas situações em que a incerteza é grande. O objetivo é representar a incerteza existente em cada uma das alternativas diferentes. Quando se colocam juntas todas as distribuições de probabilidade para todas as variáveis incertas, está-se construindo um modelo de simulação em que se acredita estar capturando os aspectos relevantes da incerteza no problema. Após efetuar a simulação por muitas iterações, tem-se uma aproximação das distribuições dos resultados originados de diferentes alternativas. Quanto mais iterações forem feitas, mais confiáveis serão as simulações.

Dado que a simulação de Monte Carlo é um modelo que trabalha com variáveis descritas por funções probabilísticas, o seu sucesso em obter boas predições depende da distribuição de probabilidade escolhida. Tal distribuição retratará o comportamento que a variável ou variáveis assumirá no modelo, de forma a definir os cenários de estudo.

LAW e KELTON (1991) apresentaram alguns critérios para especificação das distribuições de probabilidade. Considerando a possibilidade de coletar dados sobre a variável em estudo, esses autores consideraram possível:

- a) Usar dados diretamente na simulação, apesar do inconveniente de que a simulação, nessas condições, apenas reproduz o que aconteceu historicamente e é pouco provável fazer toda a simulação desejada;
- b) Utilizar dados para definir uma distribuição empírica, alternativa que elimina o inconveniente da primeira possibilidade, uma vez que, para dados contínuos, qualquer valor entre o mínimo e o máximo ponto observado pode ser gerado;
- c) Utilizar técnicas estatísticas para adaptar uma distribuição teórica a partir de dados e executar testes de hipótese para determinar a eficiência da distribuição. Sendo possível, segundo esses autores, esse é o critério preferido, pois uma distribuição empírica pode ter certas irregularidades, particularmente se apenas pequeno número de dados for avaliado. Uma distribuição teórica, por outro lado, pode alinhar os dados e prover informações além da distribuição. Além disso, esses autores consideraram que a distribuição teórica seja um caminho sólido para representar uma série de dados.

WAGNER (1986) afirmou que, do ponto de vista prático, quatro abordagens podem ser utilizadas na obtenção das distribuições de probabilidade:

- a) Usar introspecção, ou seja, utilizar todas as experiências possíveis a respeito do problema em estudo e gerar, a partir daí, as estimativas de probabilidade. Utiliza-se este método quando não se têm séries históricas ou outros dados disponíveis sobre o assunto;
- b) Empregar dados históricos para gerar distribuições empíricas. O uso dessas distribuições, combinado com a experiência do tomador de decisões, pode levar a melhores estimativas da probabilidade de ocorrência de determinados eventos. Há, porém, algumas vezes, problemas relativos à falta de disponibilidade de séries históricas completas e dificuldades em computar muitas distribuições individuais;
- c) Encontrar aproximações convenientes. É uma forma de se eliminarem os inconvenientes dos métodos a e b. Este método pressupõe o uso de uma distribuição aproximada que represente a situação geral, atualizando-se, sistematicamente, os valores dos parâmetros estimados da distribuição, à medida que novas experiências vão

sendo acumuladas; d) Enunciar axiomas descritivos, ou seja, utilizar dados históricos e usar de correções de juízo pessoal para obter os poucos parâmetros necessários para descrever a lei de probabilidade deduzida.

Segundo RODRIGUEZ (1987), obter o modelo probabilístico mais adequado implica a análise prévia da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis. Na ausência total de informações acerca da distribuição de frequência do coeficiente aleatório, uma aproximação razoável pode ser, às vezes, obtida ao se utilizar distribuição triangular.

A escolha da distribuição de probabilidade triangular, a ser utilizada em um processo de simulação, requer certo grau de subjetividade por parte do pesquisador. Para o caso de modelos relativamente simples e de séries históricas pequenas, a distribuição de probabilidade triangular é adequada.

Tendo em vista as informações acima apresentadas e a natureza das simulações, realizadas neste trabalho, utilizou-se, para cada uma das variáveis simuladas, a distribuição de probabilidade triangular.

WINSTON (1994) explicou que há diferentes métodos pelos quais são geradas as variáveis aleatórias para simulação. A escolha do método é função da escolha da distribuição de probabilidade a ser utilizada. No caso da distribuição triangular, a geração dessas variáveis ocorre pelo método denominado "método de inversão".

Por esse método, dada a função densidade probabilidade $f(X)$ para a variável aleatória x , obtém-se a distribuição acumulada de $F(X)$ por

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx, \quad (20)$$

em que $F(x)$ = função de probabilidade acumulada de x ; $f(x)dx$ = integral da função densidade probabilidade de x .

Gerando uma variável aleatória r , se $F(x) = r$ e resolver-se $F(x)$ para x , a variável x será, então, a variável aleatória da distribuição, dada por $f(x)$. Para resolver $F(x) = r$, é preciso inverter a função para $F^{-1}r = x$, razão do nome de transformação por inversão.

3.3.2.1. Distribuição de probabilidade para o custo de aquisição do coque

A simulação do custo do coque leva em consideração a variação do preço do coque posto-usina e da taxa de câmbio e a proporção necessária de coque para produção de uma tonelada de gusa, considerando esta como constante no valor de 0,48 ton.

Os parâmetros para construção da distribuição de probabilidade dos preços do coque foram determinados pela análise da série histórica do preço FOB do Coque Mineral, oriundo dos principais países; pela revisão de literatura, que possibilitou captar informações a respeito do preço do coque nos últimos cinco anos; e pelos valores observados pela empresa. Mediante essas informações, foi possível atribuir ao parâmetro mínimo o valor de US\$ 100.00/ton.; ao médio, US\$ 120.00/ton.; e ao máximo, US\$ 140.00/ton., na construção de uma distribuição de probabilidades triangular.

Segundo estudos realizados, observa-se que as condições que determinam o preço do coque são externas ao controle do tomador de decisão; em razão disso, investe-se em estudos sobre energéticos alternativos. De acordo com comentários de diretores da empresa em análise, o preço posto-usina do coque tem tendência de alta, em decorrência da organização dos mercados dos países produtores (principalmente China e Japão, de onde vem o coque utilizado pela empresa em estudo), com tendências à formação de um cartel, e da busca da homogeneização e das melhorias da qualidade do coque por eles produzido e exportado. Foram citadas, ainda, como fator propulsor dos preços, as pressões por parte de entidades ambientalistas sobre o funcionamento das coquearias, visto seu alto poder poluente.

Para a taxa de câmbio, mediante análise do período compreendido entre 1995 a 1999, construiu-se uma distribuição triangular com valor mínimo de R\$/US\$ 0,70; médio de R\$/US\$ 1,11; e máximo de R\$/US\$ 1,90.

3.3.2.2. Distribuição de probabilidade para o custo do carvão vegetal de mercado e para o custo do carvão de produção própria

Para gerar distribuição de probabilidade do custo do carvão vegetal de mercado, determinaram-se os parâmetros para os preços do carvão vegetal pagos pela empresa em estudo. Considerou-se a proporção constante do carvão vegetal necessário à produção de uma tonelada de ferro-gusa, no valor de 0,65 ton.

Mediante dados dos preços do carvão vegetal de mercado, cotados nas principais indústrias de vários Estados nos últimos cinco anos, foi possível construir uma distribuição triangular cujos valores foram de R\$ 80,00/ton., para o mínimo; R\$ 100,00/ton., para o médio; e R\$ 140,00/ton., para o máximo.

Na simulação do custo de produção do carvão vegetal utilizou-se a simulação dos custos de produção da madeira, em que variam a taxa de juros e a produtividade. Em razão da dificuldade de se obterem dados históricos referentes a transporte, colheita e carvoejamento, na simulação do custo de produção de carvão vegetal estes permaneceram constantes.

Por meio da planilha de custo de produção da madeira obtida junto à unidade florestal da empresa analisada, foi possível trabalhar com os custos, em reais por ha, das operações anuais, para se obter o custo médio, por ha, da produção da madeira em pé, medido em reais por estéreo de madeira (R\$/st). Devido ao fato de a planilha de custos da madeira não apresentar valores capitalizados, realizou-se o cálculo do custo da madeira, capitalizado a 4% e a 14%. A partir dos dois valores obteve-se o valor médio para o custo da madeira em st/ha, produzido pela própria empresa.

Encontrado o valor médio da madeira para a produção de carvão, realizou-se, nesta estrutura de custos, uma simulação em que variaram a produtividade e a taxa de juros. Os parâmetros considerados para produtividade foram 20 st/ha, 40 st/ha e 60 st/ha, baseados em estudos da SINDIFER (1997). As taxas de juros utilizadas na simulação foram de 4%, 18% e 32%, baseadas nos valores mínimos, médios e máximos da taxa Selic (taxa de juros básica definida

pelo Banco Central do Brasil para operações no mercado financeiro), nos últimos cinco anos.

3.3.3. Condições de competitividade

Conhecendo as distribuições de probabilidade das variáveis envolvidas no estudo dos custos da produção do ferro-gusa com o coque e com o carvão vegetal de mercado e de produção própria, e trabalhando as relações técnicas referentes a esses valores, foi possível estabelecer as condições de competitividade entre um termorreduzidor e outro, assim como determinar limites de valores por meio dos quais a competitividade começa a existir. Esses valores são resultado de simulações que consideram todas as variações possíveis para o preço do carvão vegetal, para o preço do coque, para o custo de produção do carvão vegetal e para a taxa de câmbio.

Dadas as relações técnicas abaixo:

$$C_{cv} = 0,65P_{cv}, \quad (21)$$

$$C_{cq} = 0,48P_{cq} \times T_c, \quad (22)$$

em que C_{cv} = custo do carvão vegetal de mercado para se produzir uma tonelada de ferro-gusa; C_{cq} = custo do coque para se produzir uma tonelada de ferro-gusa; P_{cv} = preço do carvão vegetal de mercado; P_{cq} = preço do coque; T_c = taxa de câmbio.

A condição necessária para que o carvão vegetal de mercado seja vantajoso em relação ao coque é a seguinte:

$$C_{cv} < C_{cq}, \quad (23)$$

$$0,65P_{cv} < 0,48P_{cq} \cdot T_c, \quad (24)$$

$$P_{cv}/(P_{cq} \cdot T_c) < 0,7384. \quad (25)$$

Dadas as relações técnicas entre o coque e o carvão vegetal de produção própria, calcula-se a condição de competitividade entre esses redutores, mediante as expressões apresentadas a seguir:

$$C_{cvr} = 0,65 P_{cvr}, \quad (26)$$

$$C_{cq} = 0,48 P_{cq} \times T_c, \quad (27)$$

em que C_{cvr} = custo do carvão vegetal, de produção própria, para produção de uma tonelada de ferro-gusa; C_{vr} = custo posto-usina de uma tonelada de carvão vegetal, para reflorestamento.

Tem-se, portanto, que a condição de competitividade do carvão vegetal de produção própria, em relação ao coque mineral, é dada por

$$C_{vr}/(P_{cq} \cdot T_c) < 0,7384. \quad (28)$$

Em relação à competitividade entre o carvão vegetal de produção própria e o carvão vegetal de mercado, tem-se a seguinte relação:

$$C_{cr}/P_{cv} < 1. \quad (29)$$

Utilizando o método de simulação de Monte Carlo nas condições de competitividade, para cada caso, de forma a provocar variações nos preços e na taxa de câmbio, determinaram-se as probabilidades de cada condição apresentada tornar-se verdadeira.

Para encontrar os preços e as taxas de câmbio que possibilitam a competitividade relativa dos redutores, efetivou-se a mesma simulação descrita no parágrafo anterior. Porém, para cada condição, foi permitido que todos os valores variassem, menos a variável que se queria determinar. A essa variável foram atribuídos valores que gerassem maior probabilidade de ocorrência para o resultado do lado direito da condição. Mediante tentativa e erro, determinaram-se os preços e a taxa de câmbio, que possibilitam a competitividade de um redutor em relação ao outro.

3.3.4. O software @RISK

O @RISK¹ é um programa de computador desenvolvido pela empresa *PALISADE CORPORATION* e é utilizado para realizar simulações. Este Software trabalha, de maneira integrada, a planilha Excel da empresa *MICROSOFT* e possui recursos que auxiliam na geração de distribuições de probabilidades necessárias à simulação; comandos que auxiliam na determinação e execução da simulação; e gráficos estatísticos sobre os dados resultantes da simulação.

As simulações realizadas neste trabalho foram efetuadas no @RISK, pelo Método de Monte Carlo, com distribuição de probabilidade estratificada denominada de *Latin Hipercub*. Segundo SILVA NETO e PEREIRA (1999), este critério aumenta a eficiência da simulação. A *PALISADE CORPORATION* (1992) explica que o método de amostragem *Latin Hypercube* é programado para recriar, precisamente, a distribuição dada, por intermédio da amostragem, com menos simulações que o método de Monte Carlo, sendo esta a diferença entre os dois métodos. O método *Latin Hypercube* divide a curva acumulada em intervalos iguais na escala de probabilidade acumulada de 0 a 1. Uma amostra é, então, aleatoriamente tomada de cada intervalo da distribuição dada. A amostragem é forçada a representar valores em cada intervalo e, portanto, forçada a recriar a distribuição de probabilidade dada. Uma vez que a amostra é retirada de uma estratificação, esta não é tomada novamente, pois o seu valor já está representado no conjunto amostral.

Foi utilizado, também, o recurso *Auto-Stop*, do @RISK, o qual, segundo SILVA NETO e PEREIRA (1999), garante um número suficiente de iterações, ou seja, um tamanho adequado para a amostra. A cada 100 iterações são observadas alterações no percentil (0% a 100%, em intervalos de 5%), na média e no desvio-padrão do indicador de viabilidade. Entre uma checagem e outra, se forem observadas alterações menores que 1,5% nas três estatísticas, a simulação será encerrada.

¹ Cópia licenciada em nome do Departamento de Economia Rural (DER/UFV).

3.4. Fonte de dados

Na determinação dos custos de produção do carvão vegetal utilizaram-se dados fornecidos por uma empresa siderúrgica localizada na região do Vale do Aço, Estado de Minas Gerais, que, enquanto siderúrgica, se caracteriza por ser de médio porte e, enquanto siderúrgica a carvão vegetal, caracteriza-se por ser de grande porte. Por meio dessa empresa foram obtidas também informações sobre preços posto-usina do carvão vegetal e do coque mineral, assim como seus custos dentro da usina.

Foram utilizados ainda dados secundários, obtidos de jornais, revistas, periódicos, relatórios e trabalhos publicados junto às associações e sindicatos ligados às atividades siderúrgicas e florestais, tais como Associação Brasileira de Florestas Renováveis (ABRACAVE), Sociedade de Investigação Florestal (SIF) e Sindicato da Indústria do Ferro do Estado de Minas Gerais (SINDIFER).

As informações sobre o coque mineral foram obtidas mediante revisão de literatura e levantamentos estatísticos realizados pelo BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, pela Associação Brasileira de Metais (ABM), pelo Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) e pelo sindicato dos Produtores de Ferro-gusa (SINDIFER.).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Custos do carvão vegetal de mercado, de produção própria e do coque mineral, para produção de uma tonelada de ferro-gusa

Mediante informações da empresa analisada, foi possível recolher os preços médios do carvão vegetal de mercado e de produção própria e do coque mineral posto-usina, ou seja, o custo final que esses termorreductores têm, no momento, de ser agregados ao processo produtivo do ferro-gusa, observados durante o ano de 1999.

Para o coque mineral, os preços posto-usina trabalhados variaram de US\$ 100,00/ton. a US\$ 120,00/ton., em virtude da origem do produto. Verificou-se que o coque da China foi classificado como mais barato, em média, US\$ 100,00/ton., e o do Japão, em média, US\$ 120,00/ton. Essa diferenciação também está relacionada com a qualidade do produto. O custo médio observado foi de US\$ 110,00/ton.

Para o carvão vegetal adquirido no mercado, o preço médio posto-usina, durante o ano, foi de R\$ 33,00/mdc.

O Quadro 1 apresenta os preços pagos pela siderúrgica.

Quadro 1 - Custo posto-usina do coque, do carvão vegetal de mercado e do carvão vegetal de produção própria

Item	Coque	Carvão vegetal adquirido	Carvão vegetal produzido
Preço posto-usina	US\$ 110,00/ton.	R\$ 33,00/mdc	R\$ 32,34/mdc
Em reais por tonelada	R\$ 187,00/ton.*	R\$ 132,00/ton.	R\$ 129,36/mdc
Para uma tonelada de gusa	R\$ 89,76/ton.**	R\$85,80/ton.***	R\$ 84,04/mdc

Fonte: Dados da pesquisa.

* Taxa de câmbio real média em 1999 - US\$ /R\$ 1,70.

** Fator de conversão coque/gusa - 0,48 ton.

*** Fator de conversão carvão vegetal/gusa - 0,65/ton.

Para possibilitar a comparação dos preços dos diferentes tipos de carvão foram efetuadas algumas transformações. Primeiramente, os preços do coque foram convertidos em reais pela taxa de câmbio média de R\$/US\$ 1,70 (média da taxa de câmbio no ano de 1999); e sobre o preço, em R\$, de uma tonelada de cada redutor foi multiplicada a proporção necessária à produção de uma tonelada de ferro-gusa. Para produzir uma tonelada de ferro-gusa com carvão vegetal utiliza-se 0,65 ton. de carvão vegetal, enquanto para produzir uma tonelada de ferro-gusa com coque mineral utiliza-se 0,48 ton. de coque mineral.

Com base nessas informações, observa-se que, se a empresa produzisse uma tonelada de ferro-gusa com coque mineral, ela trabalharia com custos, referentes ao redutor, em média, de R\$ 81,60/ton. a R\$ 97,92/ton. Esses valores, que formam um intervalo, ocorrem devido à diferenciação de preços do coque, conforme o país de origem (China e Japão). A média desses valores corresponde a R\$ 89,76/ton.

Caso a empresa produzisse ferro-gusa com carvão vegetal adquirido no mercado, o custo da produção de uma tonelada do ferro-gusa seria, em média, de R\$ 85,80/ton. Esse custo é baseado no preço médio de mercado do carvão vegetal no ano de 1999.

A siderúrgica em estudo, no entanto, possui reflorestamento próprio, de forma que dispõe de uma terceira alternativa, que é o consumo do carvão produzido por ela mesma. Para trabalhar os custos de produção do carvão vegetal foi necessário obter custos de produção da madeira, que apresentaram os seguintes resultados sintetizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Custo atualizado da produção de madeira em pé da siderúrgica em estudo, localizada no Estado de Minas Gerais

Ano	Fase	Valor (R\$/ha) 4%	Valor (R\$/ha) 14%
1	Implantação	959,31	1.824,15
2	1. ^a manutenção	179,21	310,93
3	2. ^a manutenção	146,52	231,87
4	3. ^a manutenção	39,56	57,12
5	Maturação (manutenção)	16,20	21,34
6	Maturação (manutenção)	15,58	18,72
7	Maturação (manutenção)	14,98	16,42
	Valor total atualizado	1.371,42	2.480,59

Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da divisão do custo de produção da madeira em pé, por ha, pela produção, por ha, no período de sete anos, foi obtido o custo de produção da madeira em pé, em reais, por estéreo. No caso da empresa em questão, a produção total foi de 350 st/ha. Dessa forma, constatou-se que o custo do estéreo da madeira em pé, à taxa de juros de 4%, foi de R\$ 3,91/st e, à taxa de juros de 14%, de R\$ 7,08/st. O valor da madeira para produção de carvão é calculado pela multiplicação do custo do estéreo da madeira em pé vezes o coeficiente técnico referente à quantidade de madeira para um metro de carvão.

O custo da madeira em pé multiplicado pelo coeficiente técnico de 1,7 resultará em R\$ 6,66/mdc (reais por metro de carvão) e em R\$ 12,04/mdc, a

taxas de juros de 4% e 14%, respectivamente. No Quadro 3, pode-se visualizar o cálculo do valor da madeira para produção de um metro de carvão na unidade florestal da empresa estudada.

Quadro 3 - Cálculo do valor da madeira para produção de um metro de carvão na unidade florestal da empresa em estudo

Item	4%	14%
Valor atualizado da madeira (a)	R\$ 1.371,42/ha	R\$ 2.480,59/ha
Produção (b)	350 st/ha	350 st/ha
Custo da madeira em pé (c)	R\$ 3,91/st	R\$ 7,08/st
Coeficiente madeira/carvão (d)	1,7 st/mdc	1,7 st/mdc
Valor da madeira para 1 mdc*	R\$ 6,66/mdc	R\$ 12,04/mdc

Fonte: Dados da pesquisa.

* Metro de carvão.

Valor Atualizado da Madeira (a)/Produtividade (b) = Valor de Exaustão (c).

Valor de Exaustão (c) * Coeficiente da Madeira (d) = Valor da Madeira para 1 mdc (a).

Após obtido o custo da madeira, calculou-se o custo do carvão vegetal posto-usina, que se encontra no Quadro 4. O custo do carvão vegetal posto-usina é formado pela soma dos custos de madeira, colheita, carvoejamento, frete e despesas não-operacionais.

Quadro 4 - Custo de carvão vegetal posto-usina

Itens de custo	Valor em R\$/mdc a 4%	Valor em R\$/t, a 4%	Valor em R\$/mdc, a 14%	Valor em R\$/t, a 14%
Madeira	6,66	26,64	12,04	48,16
Colheita	8,17	32,68	8,17	32,68
Carvoejamento	5,73	22,92	5,73	22,92
Frete	6,64	26,56	6,64	26,56
Despesas não-operacionais	2,45	9,80	2,45	9,80
Custo do carvão vegetal	29,65	118,60	35,03	140,12

Fonte: Dados da pesquisa.

Para se obter o custo do carvão para produção de uma tonelada de ferro-gusa, multiplicaram-se os valores por 0,65, o que resultou nos custos de R\$ 77,09/ton. e R\$ 91/ton., à taxa de juros de 4% e 14%, respectivamente. Essas taxas foram adotadas de acordo com as utilizadas nos trabalhos referentes a estudos florestais. Nesses trabalhos, normalmente, utilizam-se taxas de 6%, a 12%. Neste estudo, com o objetivo de ampliar o intervalo das taxas e adequá-las à conjuntura de 1999, adotaram-se as taxas de 4% e 14%, para efeito do cálculo do custo de produção de carvão da empresa.

O Quadro 5 possibilita melhor visualização das situações de custo quando se utilizam o coque mineral, o carvão vegetal adquirido no mercado e o carvão vegetal de produção própria. Observa-se, neste quadro, que as diferenças de custos são pequenas entre um redutor e outro (em média, R\$ 3,96 por tonelada do coque para o carvão de mercado, e R\$ 1,76, por tonelada do carvão de mercado para o carvão de reflorestamento), não sendo possível atribuir vantagem a um ou a outro redutor. Os resultados observados confirmam estudos anteriores, visto que neles se afirma que, em relação ao custo, os carvões são substitutos entre si e a condição de competitividade entre eles é uma questão de conjuntura interna, externa e de tecnologia dentro da empresa.

Quadro 5 - Custos de termorreductores da empresa em estudo para produção de uma tonelada de ferro-gusa

Redutor	Média dos custos
Coque mineral	R\$ 89,76/ton.
Carvão vegetal de mercado	R\$ 85,80/ton.
Carvão produzido pela empresa	R\$ 84,04/ton.

Fonte: Dados de pesquisa.

Com vistas em analisar mais profundamente essa proximidade de custos entre carvão vegetal e carvão mineral, buscou-se inserir variações nas variáveis significativas na formação do custo. Trabalhando essas informações mediante a técnica de simulação de Monte Carlo, foi possível verificar todas as possibilidades de custos com insumos e suas respectivas probabilidades acumuladas, levando em consideração variações nos preços do carvão vegetal de mercado, nos preços do coque, na taxa de câmbio, nas taxas de juros e na produtividade da madeira.

Os resultados completos e as distribuições de probabilidade acumulada de cada simulação encontram-se no Apêndice D. Para que o software *@Risk* criasse as distribuições de probabilidade para as variáveis, foram informados ao sistema os preços máximo, médio e mínimo posto-usina do coque (ver item 3.3.2.1), os preços máximo, médio e mínimo posto-usina do carvão vegetal de mercado (ver item 3.3.2.2), as taxas médias de câmbio - máxima, média e mínima (ver item 3.3.2.1), e os juros médios - máximos, médios e mínimos (ver item 3.3.2.3) ocorridos na economia, nos últimos cinco anos. O Quadro 6 mostra, sinteticamente, os parâmetros informados ao sistema de simulação.

Quadro 6 - Parâmetros para determinação das distribuições de probabilidades das variáveis sujeitas à variação

Variáveis	Mín.	Médio	Máx.
Preço posto-usina do coque	US\$ 100,00/t	US\$ 120,00/t	US\$ 140,00/t
Preço posto-usina do carvão vegetal adquirido	R\$ 80,00/t	R\$ 100,00/t	R\$ 140,00/t
Taxa de câmbio real	R\$/US\$ 0,71	R\$/US\$ 1,11	R\$/US\$ 1,90
Taxa de juros Selic	4% ao ano	18% ao ano	32% ao ano
Produtividade dos reflorestamentos	20st/ha	40st/ha	60st/ha

Fonte: Dados da pesquisa.

Para cada item simulado, após realizada a primeira simulação com o recurso *Auto-Stop*, realizaram-se mais três simulações para os mesmos itens, definindo o número de iterações proposto pelo *Auto-Stop*, procedimento que auxilia na verificação da constância dos resultados. Para cada item, todas as simulações apresentaram resultados iguais.

O Quadro 7 apresenta os principais resultados oriundos das simulações. Esses resultados mostram os valores máximos e mínimos prováveis para cada redutor; a média da distribuição de custos para cada redutor (distribuição triangular); e a variabilidade da distribuição por meio do desvio-padrão e da amplitude de cada um (ver Quadros 1D, 2D e 3D, do Apêndice D). Tais resultados representam o comportamento dos custos que a empresa assume com carvão vegetal e coque para produzir uma tonelada de ferro-gusa.

O carvão vegetal de produção própria é a alternativa menos indicada, pois apresenta a média mais alta, inferindo que, em média, os custos com carvão de produção própria sejam os mais altos, em relação às outras alternativas, e apresenta ainda maior amplitude e desvio-padrão, o que implica maior risco na escolha deste em relação aos demais.

O coque é o redutor de média, desvio-padrão e amplitude intermediários, estando, porém, mais próximo do carvão vegetal de mercado, do que do carvão vegetal de reflorestamento.

Quadro 7 - Resultados básicos da simulação de Monte Carlo para os custos com termorreductores para produção de uma tonelada de ferro-gusa

Redutores	Custos	Média da distribuição	Desvio-padrão	Amplitude
Coque	Mín. R\$ 38,48/t Máx. R\$ 116,30/t	R\$ 71,75/t	R\$ 15,35/t	R\$ 77,82/t
Carvão vegetal de mercado	Min. R\$ 52,68/t Máx. R\$ 89,87/t	R\$ 69,38/t	R\$ 8,00/t	R\$ 37,19/t
Carvão vegetal de reflorestamento	Mín. R\$ 78,26/t Máx. R\$ 185,82/t	R\$ 113,55/t	R\$ 20,49/t	R\$107,56/t

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 8 são apresentados os custos médios com que a empresa trabalhou durante o ano de 1999 e a localização destes nas distribuições de probabilidade acumulada, encontrada nas simulações de custo de produção de uma tonelada de ferro-gusa com carvão vegetal de mercado, carvão vegetal de produção própria e coque mineral importado, considerando todas as alterações possíveis dos valores referentes a preço do coque, do carvão vegetal de mercado, do carvão vegetal de produção própria; taxa de juros e de câmbio; e produtividade do reflorestamento.

Distribuições de probabilidade acumulada indicam qual porcentagem dos valores da distribuição de uma variável encontra-se abaixo de determinado valor. Dessa forma, para o caso do carvão vegetal, por exemplo, tem-se que 96,88% dos valores possíveis do custo de carvão vegetal para produzir uma tonelada de gusa encontram-se abaixo de R\$ 85,80.

Quadro 8 - Custos de termorreductores da empresa e distribuição de probabilidade desses custos

Redutores	Custo da empresa	Probabilidade acumulada	Média da distribuição da simulação
Coque	R\$ 89,76/t	86,06%	R\$ 71,75/t
Carvão vegetal de mercado	R\$ 85,80/t	96,88%	R\$ 69,38/t
Carvão de reflorestamento	R\$ 84,04/t	3,66%	R\$ 113,55/t

Fonte: Dados da pesquisa.

Analisando os dados da empresa em relação à distribuição de probabilidade dos custos sujeitos a variações, observa-se que, especificamente em relação ao coque e ao carvão vegetal, a empresa tem possibilidade de trabalhar com custos menores. Esta situação pode ser atribuída à conjuntura de 1999, mercado do qual a empresa participava, ou seja, nesse período, a situação cambial era mais favorável às exportações do que às importações, contribuindo para o majoramento do preço do coque importado, além de o preço do carvão de mercado, segundo sua distribuição de frequência, estar elevado. O preço posto-usina do coque, porém, permaneceu dentro da média normalmente apresentada, de US\$ 100/ton. a US\$ 120/ton. (ver Quadros 1D e 2D, do Apêndice D).

Em relação ao carvão vegetal de reflorestamento, porém, a situação foi diferente. A empresa apresentou custos baixíssimos em relação aos custos da simulação com este tipo de redutor. Observa-se que custos iguais aos custos médios da empresa, durante o ano de 1999, apresentaram apenas 3,66% de chances de ocorrer, o que confere, teoricamente, grande risco da empresa na escolha dessa alternativa. A empresa tem conseguido trabalhar com esses custos em razão de investimentos na produtividade da madeira e na tecnologia do carvoejamento. Por meio desses investimentos, a empresa ganha qualidade e melhor rendimento no carvão, dada a espécie de madeira plantada; atua na economia de escala, em razão do menor custo médio por hectare e do maior

aproveitamento de áreas destinadas a esta produção; e ganha tempo e rendimento nas técnicas de corte, transporte e queima da madeira, assim como transporte e estocagem do carvão.

Nas análises apresentadas, percebe-se que, estatisticamente, há possibilidades de a empresa trabalhar com custos menores em relação aos de 1999. As distribuições de probabilidade acumulada dos custos da empresa permitem inferir que esses não se tornarão maiores do que os apresentados em 1999, dadas as variações no preço do coque, no preço do carvão vegetal comprado e na taxa de juros.

4.2. Condições de competitividade

Por meio das simulações aplicadas nas condições de competitividade, em que nos resultados se consideram todas as alterações possíveis nas variáveis não-fixas, podem-se obter as informações descritas abaixo.

A probabilidade acumulada de que o carvão vegetal de mercado, considerando todas as variações possíveis no preço do coque, na taxa de câmbio e no preço do carvão, seja competitivo em relação ao coque na produção do ferro-gusa é de apenas 6,84%. Isso significa que apenas 6,84% das observações estão abaixo de 0,7384 (valor que satisfaz à condição de competitividade), enquanto 93,16% das observações admitem valores iguais ou maiores a 0,7384. Este resultado indica que a probabilidade de o carvão vegetal gerar um custo menor do que o coque é muito baixa.

Na possibilidade de o carvão vegetal de produção própria gerar custo menor do que o coque mineral, considerando todas as variações possíveis de taxa de câmbio, preço do coque e custo de produção do carvão vegetal, a probabilidade acumulada é de apenas 0,13%, considerada muito pequena.

A possibilidade de o carvão vegetal de produção própria gerar menor custo, em relação ao carvão vegetal de mercado, para produção de ferro-gusa está associada a uma probabilidade acumulada de 7,04%. Essa probabilidade significa

tem uma chance muito pequena de ocorrer, considerando-se todas as condições de variabilidade entre custo do carvão e preços do carvão vegetal no mercado.

Quadro 9 - Probabilidades acumuladas para a competitividade entre os termorreductores

Maior competitividade	Probabilidade
Carvão vegetal de mercado em relação ao coque	6,84%
Carvão vegetal de reflorestamento em relação ao coque	0,13%
Carvão vegetal de reflorestamento em relação ao carvão vegetal comprado	7,04%

Fonte: Dados da pesquisa.

Na busca dos valores que possibilitariam ao carvão vegetal de mercado ou o carvão vegetal de produção própria tornar-se mais competitivo em relação ao coque, foram obtidos os seguintes resultados.

Para que o carvão vegetal de mercado gerasse custo de produção de ferro-gusa menor do que o coque mineral, considerando-se as variações no preço do coque e na taxa de câmbio, seu preço posto-usina deveria ser menor ou igual a R\$ 70,00 por tonelada. A este preço, a condição de competitividade apresentaria probabilidade acumulada de 56,33%, ou seja, o valor médio da distribuição teria maior probabilidade de ocorrer (ver Quadro 6D, do Apêndice D). No entanto, o preço mínimo da tonelada do carvão vegetal encontrado nos últimos cinco anos, no Estado de Minas Gerais, foi de R\$ 80,00 por tonelada. Analisando a distribuição de frequência do preço do carvão de mercado, estatisticamente pode-se afirmar que, ao preço de R\$ 70,00/t posto-usina, no Estado de Minas Gerais, este não tem probabilidades de ocorrer, ou seja, este valor se encontra fora dos limites da distribuição de probabilidade acumulada do preço do carvão vegetal.

O preço do coque que torna o carvão vegetal de mercado mais vantajoso, em relação ao coque, deve ser igual ou maior a US\$ 170,00. Este valor apresenta

a probabilidade acumulada de 57,36%, para que a condição de competitividade seja verdadeira (ver Quadro 7D, do Apêndice D). Entretanto, o maior preço encontrado nos últimos cinco anos foi de R\$ 140,00. Segundo sua distribuição de probabilidades, pode-se, estatisticamente, afirmar que esse preço não tem chance de ocorrer.

A taxa de câmbio capaz de conferir vantagem ao carvão vegetal de mercado deve ser igual ou maior que R\$/US\$ 0,80 (ver Quadro 8D, do Apêndice D). A probabilidade acumulada de ocorrer esta taxa de câmbio é de 92,5%, e apenas 7,5% das observações encontram-se com valores abaixo de R\$/US\$ 0,80.

O conjunto de probabilidades acumuladas baixas dos valores acima justifica a baixa probabilidade de o carvão vegetal de mercado ser vantajoso em relação ao coque.

Em relação ao carvão vegetal de produção própria, a análise de sua condição de competitividade é semelhante à análise da condição de competitividade do carvão vegetal de mercado, tendo em vista que a relação técnica para composição do custo com redutor para o ferro-gusa é a mesma, porém essa relação teórica incide sobre o custo de produção do carvão. Dessa forma, o custo do carvão vegetal de produção própria, que confere vantagem em relação ao coque, deve ser igual ao preço do carvão vegetal de mercado.

Para os propósitos deste trabalho, é interessante determinar a condição que torna o carvão de produção própria mais vantajoso do que o carvão vegetal de mercado e, conseqüentemente, do que o coque mineral. Dessa forma, o valor do custo posto-usina do carvão vegetal de reflorestamento, que o torna mais vantajoso, deve ser menor que R\$ 70,00/ton.

O Quadro 10 mostra os valores que devem ter o carvão vegetal comprado e o carvão vegetal produzido pela própria empresa para serem mais vantajosos do que o coque mineral.

Quadro 10 - Valores que tornam o carvão vegetal de mercado e o carvão vegetal de produção própria preferíveis, financeiramente, ao coque

Variável	Valor	Probabilidade acumulada de ocorrência
Preço do carvão vegetal	≤ R\$ 70,00/t	0%
Preço do coque	≥ US\$ 170/t	0%
Taxa de câmbio	≥ R\$/US\$0,80	92,5%
Custo do carvão vegetal produzido	≤ R\$ 70,00/t	0%

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com as planilhas de custo da empresa em estudo, o custo da madeira tem incidência de 15% no custo total do carvão vegetal posto-usina. Pressupondo que os demais custos permanecerão constantes, para que a empresa produza carvão competitivo ela deverá produzir a madeira a um custo de R\$ 10,50 st/ha. Simulando valores de juros e produtividade na fórmula de custo total atualizado da madeira, tem-se que a empresa deve trabalhar com produtividade de 45st/ha e com taxa de juros menores que 12% ao ano.

A probabilidade acumulada para a taxa de juros Selic, nos últimos cinco anos, é de 13,40%, ou seja, 13,40% dos valores de taxa de juros encontram-se abaixo dos 12%, uma probabilidade acumulada pequena que, teoricamente, representa alto grau de risco para o produtor, dada a baixa frequência de ocorrência. Quanto à produtividade, no caso da empresa analisada, já se trabalha com produtividade de 45 st/ha. Esses valores são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Valores que tornam o custo da madeira compatível com o custo competitivo do carvão vegetal de produção própria

Variável	Valor
Custo da madeira para produzir 1 mdc	$\leq$ R\$ 10,50
Taxa de juros	$< 12\%$ ao ano
Produtividade	≥ 45 st/ha

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao se analisarem os valores que tornam o carvão vegetal de mercado competitivo, considerando todas as variações possíveis nas variáveis do problema, verifica-se que os valores posto-usina de R\$ 70,00/ton., para o carvão vegetal de mercado, e de US\$ 170/ton., para o coque, não têm probabilidade de ocorrer. O valor da taxa de câmbio de R\$/US\$ 0,80 aparece na distribuição dessa variável com grande probabilidade de ocorrer, podendo-se afirmar que a variável taxa de câmbio é decisiva do modelo, sendo esta capaz de trazer vantagem ao carvão vegetal de mercado.

No caso do carvão vegetal de produção própria, o mesmo raciocínio é verdadeiro, uma vez que o valor do custo do carvão de R\$ 70,00/ton. também é um valor que apresenta pouca possibilidade de ocorrer, por estar associada a uma taxa de juros anual também pouco provável.

Sendo assim, realizaram-se simulações em que se fixa a taxa de câmbio em R\$/US\$ 0,80, a fim de identificar os preços do coque e do carvão vegetal, que, combinados com aquela taxa de câmbio, garantissem vantagem ao carvão vegetal de mercado.

Dada a variação dos preços do coque e do carvão, obteve-se uma probabilidade acumulada de 60,35%, de o carvão vegetal ser mais vantajoso do que o coque. Essa probabilidade é próxima do valor médio, o que indica alta frequência de ocorrência para o valor de 0,7384, o qual satisfaz à condição de

competitividade; logo, a taxa de câmbio de R\$/US\$ 0,80 pode proporcionar, com alto grau de certeza, custo de produção do ferro-gusa, quando se usa o carvão vegetal em menor proporção do que o coque mineral.

Ao simular o preço do carvão vegetal que, dada a taxa de câmbio fixa em R\$/US\$ 0,80 e dada a variação dos preços do coque, satisfizesse à condição de competitividade, obteve-se o valor de R\$ 70,00 por tonelada de carvão vegetal de mercado (ver Quadro 9D, do Apêndice D).

Simulando o preço do coque que satisfizesse à condição de competitividade com alto grau de certeza, considerando-se fixa a taxa de câmbio e a variação no preço do carvão vegetal de mercado, obteve-se um preço de US\$ 120/ton. para o coque mineral (ver Quadro 10D, do Apêndice D).

O raciocínio para simular o custo do carvão vegetal de reflorestamento é o mesmo, resultando no custo de R\$ 70,00 a tonelada. Considerando que 15% desse valor representa o custo da madeira, a empresa deverá produzi-la por um custo de R\$ 10,50 st/ha, o qual está associado a uma taxa de juros de 12% ao ano. O Quadro 12 resume os valores mencionados acima.

Quadro 12 - Valores que tornam competitivos o carvão vegetal de mercado e o carvão vegetal de produção própria em relação ao coque, considerando a taxa de câmbio fixa em R\$/US\$ 0,80

Variáveis	Valores
Preço do carvão	$\leq$ R\$ 70,00/t
Preço do coque	$\geq$ US\$ 120,00/t
Preço do carvão vegetal de reflorestamento	$\leq$ R\$ 70,00/t

Fonte: Dados da pesquisa.

Dessa forma, foi possível encontrar, mediante simulações, os valores que garantem vantagem competitiva ao carvão vegetal de mercado e ao carvão vegetal de produção própria em relação ao coque, considerando as condições de risco nas variáveis significativas. Na comparação do coque com o carvão vegetal de mercado, constatou-se que o preço do coque deve estar em torno de US\$ 120,00/t; o do carvão vegetal de mercado, em torno de R\$ 70,00; e a taxa de câmbio, em torno de 0,80. Tem-se, então, que

$$70/(120*0.80) = 0,729, \quad (21)$$

que satisfaz à condição de competitividade,

$$C_{cv}/C_{cq} \times T_c < 0.7384.$$

O valor do custo competitivo do carvão vegetal de produção própria, em relação ao coque mineral, corresponde ao preço de competitividade do carvão de mercado, tendo em vista que a proporção necessária de carvão vegetal para produção de uma tonelada de ferro-gusa é a mesma tanto para carvão vegetal de mercado quanto para carvão de produção própria. Sendo assim, o custo competitivo posto-usina do carvão vegetal produzido em reflorestamento próprio seria de R\$ 70,00/ton.

Para que o carvão vegetal de produção própria seja vantajoso em relação ao carvão vegetal de mercado, o seu custo posto-usina deve ser menor que R\$ 70,00/ton. Como já exposto anteriormente, a empresa analisada tem condições de trabalhar com custos de produção de madeira que proporcionem o custo final do carvão citado, desde que as taxas de juros estejam abaixo de 12%. A produtividade recomendada, mediante simulação de 45 st/ha, já foi alcançada pela empresa. O Quadro 13 sintetiza essas informações.

Quadro 13 - Valores que viabilizam o carvão vegetal de produção própria em relação ao carvão vegetal de mercado

Variáveis	Valores
Custo do carvão	< R\$ 70,00/t
Custo da madeira para 1 mdc	< R\$ 10,50
Taxa de juros*	≤ 12% ao ano
Produtividade*	≥ 45 st/ha

Fonte: Dados da pesquisa.

* Valores necessários para produzir madeira ao custo indicado na tabela.

Pela dificuldade em se obterem os dados necessários, os custos com frete do carvão, das fazendas de reflorestamento até a usina, foram considerados constantes, porém, é um item significativo dos custos totais (25%) e que está sujeito a variações, à medida que se verifiquem variações de preços nos combustíveis, nos preços de pedágios e nas condições das estradas.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A atividade siderúrgica nacional utiliza no processo produtivo do ferro-gusa significativa quantidade de carvão como termorreduzidor, que é responsável por, aproximadamente, 50% do custo total de produção do ferro. Esses termorreduzidores podem ser tanto de origem vegetal quanto de origem mineral (coque) e, em termos de tecnologia e custos, podem ser substitutos entre si. O carvão vegetal, no entanto, apresenta certa vantagem sobre o de origem mineral, uma vez que proporciona melhor qualidade ao produto final, enquanto o coque gera um produto final de qualidade inferior. Por outro lado, o coque pode proporcionar vantagem financeira nos momentos em que a situação cambial nacional favorecer as importações, como ocorreu no período de 1995 a 1999.

Nesse contexto, tornou-se questão desta pesquisa a delimitação do cenário financeiro que, definitivamente, tornaria o carvão vegetal competitivo em relação ao coque mineral. O ponto central deste trabalho foi analisar o custo financeiro e o risco na obtenção do carvão vegetal e do coque mineral para produção do ferro-gusa, em uma empresa siderúrgica localizada na região do Vale do Aço, no Estado de Minas Gerais. A competitividade foi analisada por meio dos custos, dada a importância dessa variável na determinação da competitividade de um bem econômico.

A análise do custo financeiro foi obtida de dados observados pela empresa durante o ano de 1999, por meio dos quais foi possível determinar o custo médio de produção do carvão vegetal, o preço médio posto-usina do carvão de mercado e o preço médio posto-usina do coque importado.

Os dados utilizados nas análises de risco foram reunidos a partir de séries históricas que compreendiam o período de 1995 a 1999, de revisão de literatura e de parâmetros indicados pela própria empresa. Desse modo, trabalhou-se com séries históricas para preço do carvão vegetal adquirido no mercado, segundo a cotação de várias indústrias brasileiras; preço do coque mineral; taxa de juros; e taxa de câmbio. Na realização das análises de risco foi utilizada a técnica de simulação de Monte Carlo, por meio do programa de computador *@RISK*. Uma vez reunidos e analisados os dados, fixaram-se os parâmetros mínimos, médios e máximos para as distribuições de probabilidade triangular do preço posto-usina do coque mineral, do preço posto-usina do carvão vegetal de mercado, do custo posto-usina do carvão vegetal produzido em reflorestamento, da taxa de câmbio real da economia e da taxa de juros Selic.

Na análise do custo financeiro da empresa para produzir uma tonelada de ferro-gusa com carvão vegetal de mercado, com carvão vegetal produzido por meio de reflorestamento da própria empresa e com coque mineral importado, concluiu-se que os custos são muito próximos, razão por que não se pode atribuir significativa economia a um dos redutores em relação aos outros.

Na análise de risco incorporada a esses custos, os resultados estatísticos, considerando-se os dados do período de 1995 a 1999, estão apresentados a seguir. A probabilidade de o custo da empresa com carvão vegetal ser menor em relação ao custo com o coque é muito pequena, 6,84%.

A probabilidade de o carvão vegetal produzido pela própria empresa gerar menor custo que o coque é de apenas 0,13%, menor ainda em relação ao carvão vegetal de mercado.

A probabilidade de o carvão de reflorestamento próprio gerar custo menor para a empresa na produção do gusa, em relação ao carvão vegetal adquirido no mercado, é também muito baixa, 7,04%.

O preço do carvão vegetal adquirido no mercado, compatível com um custo menor para a empresa com este redutor, deve ser igual ou menor a R\$ 70,00/t.

O preço do coque capaz de inviabilizar o seu uso em relação ao carvão vegetal adquirido no mercado deve ser igual ou superior a US\$ 170,00/t.

A taxa de câmbio capaz de inviabilizar o coque em relação ao carvão mineral adquirido no mercado deve ser igual ou superior a R\$/US\$ 0,80.

O custo do carvão vegetal produzido por meio de reflorestamento próprio, que o torna competitivo em relação ao carvão adquirido no mercado, deve ser inferior a R\$ 70,00/t. Para que se consiga produzir carvão vegetal a este custo, a empresa deve trabalhar na produção da madeira com taxas de juros menores que 12% ao ano e produtividade de 45st/ha.

Tendo em vista que os valores determinantes da competitividade para o carvão vegetal de mercado e para o coque mineral não ocorreram na distribuição de frequência, conclui-se que a taxa de câmbio é a variável decisiva para o modelo, pois é a variável que tem maior probabilidade de ocorrer.

Quanto ao carvão vegetal produzido por reflorestamento, o seu custo competitivo também não tem probabilidade de ocorrer.

Ao fixar a taxa de câmbio em R\$/US\$ 0,80, em uma nova simulação dos valores que viabilizam o carvão vegetal, foi possível identificar os seguintes resultados estatísticos, considerando-se os dados do período de 1995 a 1999.

O preço do coque, que, associado ao câmbio de R\$/US\$ 0,80, viabiliza o carvão vegetal de mercado, deve ser igual ou superior a US\$120/t.

O preço do carvão vegetal competitivo, em face à taxa de câmbio igual ou superior a R\$/US\$ 0,80, deve ser igual ou menor que R\$ 70,00/t.

Conseqüentemente, o custo do carvão vegetal produzido por reflorestamento competitivo com o coque e com o carvão de mercado deve ser inferior a R\$ 70,00/t.

Conforme distribuições de probabilidade acumuladas para preço do coque e para taxa de câmbio, os valores dessas variáveis que viabilizam o carvão vegetal são observados na economia. Dessa forma, o preço competitivo do

carvão vegetal não ocorre na distribuição, podendo-se inferir que também não ocorre, efetivamente, na economia, visto que o menor preço pago posto-usina, nos últimos cinco anos, foi de R\$ 80,00/t. Quanto ao carvão vegetal produzido em reflorestamentos, também não se conseguem alcançar custos em torno de R\$ 70,00/t, já que o custo mínimo encontrado na distribuição foi de R\$ 77,00. Conclui-se, então, que, na conjuntura econômica apresentada no período de 1995 a 1999, o termorreduzidor relativamente competitivo para a produção do ferro-gusa foi o coque.

Observa-se que o período utilizado na realização das simulações caracteriza-se pela valorização da moeda nacional em frente ao dólar, o que favoreceu as importações. Simulações em que se utilizaram períodos distintos ao adotado nesta pesquisa (1995 a 1999) poderão apresentar resultados diferentes dos resultados verificados neste trabalho. A possibilidade de chegar a diferentes conclusões, em diferentes contextos cambiais, indica certa vulnerabilidade na escolha do termorreduzidor a ser utilizado na produção do ferro-gusa, o que evidencia a necessidade de se trabalhar na redução do custo de produção do carvão vegetal de reflorestamento.

Sugestões para trabalhos futuros a partir deste estudo estariam relacionadas com localização dos reflorestamentos em relação à empresa consumidora, levando em conta os custos com transporte. A racionalização desses custos de transporte e a localização de florestas mais próximas ao local de consumo contribuiriam, significativamente, para a redução do custo do carvão vegetal posto-usina. Estudos sobre extração e comercialização do coque mineral por parte dos países exportadores também são de extrema relevância para se verificar a competitividade entre o carvão vegetal e o coque. Há também tendências atuais que poderiam ser estudadas, dado o poder que elas tem de, futuramente, modificar os resultados deste trabalho, quais sejam, a participação do setor produtivo no mercado de commodities ambientais, o que possibilitaria as empresas financiarem seus reflorestamentos por meio de rendimentos obtidos nas transações com essas commodities, e a tendência de o mercado asiático

formar um mercado organizado do coque mineral, exercendo domínio na negociação desse recurso estratégico.

Este trabalho apresentou algumas limitações, em razão da falta de séries históricas de algumas variáveis; da dificuldade em se encontrar literatura a respeito da extração e da comercialização do coque por parte dos países exportadores; e da complexidade do processo produtivo do ferro-gusa, associada à dificuldade de acesso aos valores dos custos de produção, tornando difícil a análise completa dos custos totais de produção do ferro-gusa.

No entanto, espera-se que este material contribua para levar informação às empresas envolvidas no setor siderúrgico e que desperte, no meio acadêmico, o interesse pelo desenvolvimento de outros trabalhos relacionados com viabilidade econômica de recursos naturais renováveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, W.A.N. Mudanças climáticas, mercado de carbono e potencialidades do Brasil para o desenvolvimento de projetos para o mecanismo de desenvolvimento limpo. **Revista Preços Agrícolas**, Piracicaba, p. 7-9, set. 1999.
- ANTONÂNGELO, A., BACHA, C.J. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS - ABRACAVE. **Anuário estatístico da ABRACAVE**. Belo Horizonte: 1997. 105 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS - ABRACAVE. **Anuário estatístico da ABRACAVE**. Belo Horizonte: 1999. 105 p.
- BACHA, C.J.C. O sistema agroindustrial da madeira. **Revista Preços Agrícolas**, Piracicaba, p. 13 - 22, set. 1999.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 1999.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2000.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL - BACEN. **Boletim do Banco Central** Brasília: 1999. v. 35, p. 250.

BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS - BDMG.
Economia mineira - 1989: diagnóstico econômico. Belo Horizonte: 1989.

BARBOSA, A.A. Considerações sobre os efeitos sociais da implantação de projetos de reflorestamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 47-55, 1994.

BORGES, M.H., COLOMBAROLI, W. Carvão vegetal: opção energética para siderurgia dos países tropicais. In: CONGRESSO ILAFA, 1978, Buenos Aires. **Anales...** Buenos Aires: Florestal Acesita S.A., 1978. p. 27.

CESAR, S.B. **Carvão mineral: balanço mineral brasileiro**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1995.

CLEMEN, R.T. **Making hard decisions: an introduction to decision analysis**. Califórnia: Duxbury, 1991. 557 p.

FERGUSON, C.E. **Microeconomia**. 18.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1994. 610 p.

GOMES, A.P., FERREIRA, J.A.F., ALBUQUERQUE, L.F.F. Estudos sobre o carvão mineral. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 12, n. 33, p. 91-105, 1998.

GUERRA, C. **Meio ambiente e trabalho no mundo do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Associação Agência Terra, 1995. 100p.

LAW, A.M., KELTON, D.W. **Simulation modeling and analysis**. New York: McGraw-Hill, 1991. 620 p.

LEI FLORESTAL DE MINAS GERAIS, n. 10.561, de 27 de dezembro de 1991.
(<http://www.mma.gov.br/pot/conama/cmtec/legmg.htm>).

LOPES, H.V.S. **Análise econômica dos fatores que afetam a rotação de povoamentos de eucaliptos**. Viçosa: UFV, 1990. 188 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 1990.

MAZZARELLA, V.N.G., KATAYAMA, M.T., MARTINS, H. Energia renovável, competitiva, pelo uso integrado de biomassa. **Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v. 50, n. 436, 1994.

MEDEIROS, J.X. Aspectos econômico-ecológicos da produção e utilização do carvão vegetal na siderurgia brasileira. In: _____. **Economia ecológica: aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. cap. 4, p. 83-114.

- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Avaliação das emissões de gases de efeito estufa gerados na indústria e extração do carvão mineral, 1990/1994.** (<http://www.mct.gov.br/gabin/cp...ate/programa/port/energi4/htm>). 1998. (Relatório Técnico).
- NAHUZ, M.A.R. A tecnologia para viabilizar florestas plantadas. **Revista Preços Agrícolas**, Piracicaba, p. 6, set. 1999.
- NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica.** São Paulo: Atlas, 1987. 268 p.
- OLIVEIRA, M.A., FILHO, D.C. Coqueificação. In: _____. **Carvão e coque aplicados à metalurgia.** 2.ed São Paulo: ABM, 1980. v. 2, p. 443-460.
- PALISADE CORPORATION. **Risk analysis and simulation add - in for microsoft Excel or Lotus 1-2-3.** New York: Palisade Corporation, 1995. 402 p.
- REVISTA CONJUNTURA ECONÔMICA, São Paulo, v. 54, n. 6, p. 11, 2000.
- RODRIGUEZ, L.C.E. **Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear não determinista.** Piracicaba: ESALQ, 1987. 83 p. Dissertação (Mestrado em Economia Agrária) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1987.
- SAMPAIO, C.H., VILELA, A.C.F., MILTZAREK, G.L. Carvão industrial no Brasil: situação atual e perspectivas futuras. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 47, n. 4, p. 293-96, 1994.
- SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR - SECEX, jan./dez. 1999. (<http://www.mdic.gov.br>).
- SEQÜESTRO legal. **Revista Exame**, São Paulo, n. 21, p. 98-106, 2000.
- SHIMIZU, T. **Pesquisa operacional em engenharia, economia e administração: modelos básicos e métodos computacionais.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. p. 34-37.
- SILVA, M.L., SILVA, J.M. Análise do comportamento temporal dos preços do carvão vegetal: aplicação e avaliação da metodologia "Box and Jenkins". **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 57-67, 1996.
- SILVA NETO, A.L., PEREIRA, J.A.B. Análise de risco e decisão de investimento: um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37, 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Brasília: SOBER, 1999.

- SILVEIRA, A.R.C. Análise comparativa entre a siderurgia, o carvão vegetal e outras. In: _____. **Carvão e coque aplicados à metalurgia**. 2.ed. São Paulo: ABM, 1980. v. 1, p. 279-300.
- SINDIFER. **Ferro-gusa: competitividade e perspectiva da indústria mineira de ferro-gusa**. Belo Horizonte: Sindifer, 1997. 47 p.
- SMITH, E.B.S. **Determinação da rotação econômica para *Eucalyptus Grandis* (*W. Hill ex Maiden*), destinado à produção de carvão vegetal**. Viçosa: UFV, 1989. 69 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- SOUZA, A. **Estudos econômicos da reforma de povoamentos de *Eucalyptus spp*: o caso do progresso tecnológico**. Lavras: UFLA, 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, 1999.
- VALVERDE, S.R. Impactos da liberalização do comércio internacional nos produtos florestais da economia brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 243-251, 1996.
- VARIAN, H.R. **Intermediate microeconomics: a modern approach**. 3.ed. New York: Norton, 1993. p. 334-361.
- WAGNER, H.M. **Pesquisa operacional**. 2.ed. São Paulo: LTC, 1986. 851 p.
- WINSTON, W.L. **Operations research: applications an algorithms**. 3.ed. Califórnia: ITP, 1994. p. 1192-1255.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A - Valores históricos do preço do carvão vegetal de mercado, do preço do coque, da taxa de câmbio e da taxa de juros

Ano	Carvão vegetal* (R\$/t)	Coque** (FOB em US\$/t)	Taxa de câmbio*** (US\$/R\$)	Taxa de juros*** (ao ano)
1995	105,80	97,40	0,71	33%
1996	84,12	80,23	0,90	17%
1997	103,80	84,73	1,02	12%
1998	99,92	85,15	1,12	27%
1999	120,00	77,12	1,81	5%

Fonte: * Balanço Energético Nacional (2000); ** Secex (2000); *** Revista Conjuntura Econômica (2000).

Quadro 2A - Evolução do consumo de carvão vegetal no Brasil

Ano	Carvão vegetal de mata nativa (%)	Carvão vegetal de mata plantada (%)
1987	80,70	19,30
1988	78,00	22,00
1989	71,20	28,80
1990	66,00	34,00
1991	57,70	42,30
1992	61,10	38,90
1993	56,50	43,50
1994	46,00	54,00
1995	48,00	52,00
1996	30,00	70,00
1997	25,00	75,00

Fonte: Balanço Energético Nacional (2000).

Quadro 3A - Área reflorestada no Brasil por certos grupos de atividade (em ha)

Ano	Indústria de papel e celulose	Indústria siderúrgica a carvão vegetal	Outros
1987	83.424,40	58.488	3.043
1988	99.135,20	54.352	14.461
1989	116.004,30	88.357	27.163
1990	131.925,00	125.000	22.686
1991	74.233,30	51.305	32.643
1992	82.653,10	80.067	37.662
1993	89.202,70	46.653	28.802
1994	83.702,90	37.026	20.851
1995	94.540,00	30.351	19.129
1996	112.541,60	32.752	18.647
1997	101.723,30	30.756	20.101
1998	110.702,20	19.808	27.344

Fonte: ABRACAVE (1999).

Quadro 4A - Energia para produção de aço e ferro-gusa

Ano	Coque de carvão mineral (%)	Carvão vegetal (%)	Outros (%)
1987	34,90	26,70	38
1988	36,00	26,40	38
1989	33,60	29,50	37
1990	33,20	29,20	38
1991	38,80	23,90	37
1992	39,20	22,20	39
1993	38,00	22,70	39
1994	37,60	22,50	40
1995	39,00	20,90	40
1996	39,50	18,40	42
1997	38,20	18,70	43
1998	37,00	18,60	44

Fonte: Balanço Energético Nacional (1999).

APÊNDICE B

Quadro 1B - Exemplo de cálculo da exaustão de uma floresta de eucalipto para um ciclo de dois cortes: um corte a cada sete anos

Item		Unidade	Valor
Volume de madeira no 1.º corte		st	350
Volume de madeira no 2.º corte		st	280
Idade no primeiro corte		anos	7
Idade no segundo corte		anos	14
Incremento médio anual nos dois cortes (14 anos)		st/ha/ano	45

Ano	Fase	Valor (R\$/ha)	Produção (st/ha)
1	Implantação/reforma	729,05	
2	1.ª manutenção	141,66	
3	2.ª manutenção	120,43	
4	3.ª manutenção	33,82	
5	Maturação	14,41	
6	Maturação	14,41	
7	Maturação	14,41	
8	Regeneração 1.º ano	199,87	350
9	Regeneração 2.º ano	124,67	

Quadro 1B, Cont.

Ano	Fase	Valor (R\$/ha)	Produção (st/ha)
10	Maturação	14,41	
11	Maturação	14,41	
12	Maturação	14,41	
13	Maturação	14,41	
14	Maturação	14,41	
15	Corte final		280
	Total	1.464,43	630
	Valor da exaustão (R\$/st)		2,32

APENDICE C

PLANILHA DE CUSTO PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO

I. DADOS GERAIS

Produção mdc/mês	4500
Dias úteis	23
Salário mínimo	136,00
Salário auxílio serviço	1
Salário carvoeiro/op. moto	1,3
Salário carbonizador	1,5
Coordenador	2
Encargos sociais	70%
Índice de conversão	1,8

II. CUSTO DIRETO

a) Mão-de-obra

Operação	Padrão	Custo		
		R\$/dia	R\$/st	R\$/MDC
Corte de lenha	17 st/H/d	13,07	0,7688	1,3839
Transporte de lenha	20 st/H/d	10,05	0,5025	0,9045
Carga/descarga de forno	8 mdc/H/d	13,07	0,0000	1,6338
Carbonização	65 mdc/H/d	15,08	0,0000	0,2320
Coordenador corte/transporte	176 st/H/d	20,10	0,1142	0,2056
Coordenador de carvão	195 mdc/H/d	20,10	0,0000	0,1031
Auxiliar de serviços (limpeza)	98 mdc/H/d	10,05	0,0000	0,1026
Total				4,5655

b) Absenteísmo 4,50%

Custo final da mão-de-obra 4,7709

c) Transporte de pessoal

Operação	Unid.	Padrão	Custo	
			R\$/dia	R\$/MDC
km rodado	km	100	62	0,3179
Horas disponíveis	h	14	44,8	0,2297
Total				0,5476

d) Frete de lenha

Discriminação	Custo	
	R\$/st	R\$/MDC
Até 5,1 km	0,81	1,4580

e) Materiais

Materiais	Custo	
	R\$/st	R\$/MDC
Machado	0,0144	0,0259
Motosserra	0,8706	1,5671
Cabo de machado	0,0036	0,0065
Lima	0,0108	0,0194
Garfo	-	0,0180
Rede	-	0,0048
Pá	-	0,0020
Enxada	-	0,0020
Carrinho	-	0,0132
Tambor 200 litros	-	0,0112
Tambor 20 litros	-	0,0126
Lona leve	-	0,0831
Total		1,7658

f) Epi/outros

EPI's	Custo	
	R\$/st	R\$/MDC
Botina/colheita	0,0180	0,0324
Botina/carvão	-	0,0180
Botina/transporte	0,0054	0,0100
Luva raspa exploração	0,0400	0,0720
Luva PVC carvão	-	0,2400
Luva raspa transporte	0,0100	0,0180
Capacete exploração	0,0006	0,0010
Capacete carvão	-	0,0006
Capacete transporte	0,0001	0,0002
Peneira exploração	0,0660	0,1188
Peneira carvão	-	0,0660
Peneira transporte	0,0220	0,0396
Máscara carvão	-	0,0160
Garrafa térmica exploração	0,0036	0,0064
Garrafa térmica carvão	-	0,0036
Garrafa térmica transporte	0,0012	0,0021
Calça exploração	0,0260	0,0468
Calção carvão	-	0,0260
Total		0,7175

III. RESUMO

Item	Custo (R\$/MDC)
Mão-de-obra	4,7709
Transporte de pessoal	0,5476
Frete de madeira	1,4580
Materiais	1,7658
EPI/outros	0,7175
Total	9,2598

IV. CONSTRUÇÃO DE FORNOS

Item	Custo (R\$/forno)	Carvão forno	Custo (R\$/MDC)
Preparação do local	4,92	0	
Tijolos	75	0	
Terra/água/arame/ferramentas	3,76	0	
Mão-de-obra	22	0	
Total	105,68	230	0,4595

O custo R\$ 0,4595 mdc contempla a produção de 4.500 mdc, portanto, será repassado o valor de R\$ 0,2068 mdc referente apenas à produção de mdc 2025.

V. CUSTO INDIRETO

Item	Custo (R\$/MDC)
Contador	0,0302
Contribuição social (0,96%)	0,1223
Cofins (3,00%)	0,3822
PIS (0,65%)	0,0828
Imposto de renda (4,80%)	0,6115
ISS (3,00%)	0,3822
Total	1,6112

VI. CUSTO FINAL

Item	Custo (R\$/MDC)
Custo direto	9,2598
Construção de fornos	0,2068
Custo indireto	1,6112
Subtotal	11,078
Taxa administração + lucro (15,00%)	1,6617
Total	12,74

APÊNDICE D

Quadro 1D - Simulação do custo de carvão vegetal comprado para a produção de uma tonelada de ferro-gusa

@RISK Simulation of Pasta5	Run on 22/09/2000, 17:01:27	Simulations= 1 Iterations = 500
Name	1 tonelada de ferro-gusa	Preço carvão
Description	Output	Triang(80;100;140)
Cell	C3	A3
Minimum =	52,68548	81,05459
Maximum =	89,87281	138,2659
Mean =	69,38155	106,7408
Std Deviation =	8,009162	12,32179
Variance =	64,14668	151,8264
Skewness =	0,3426786	0,3426785
Kurtosis =	2,462231	2,462231
Errors Calculated =	0	0
Mode =	63,16197	97,17226
5% Perc =	57,45709	88,39553
10% Perc =	59,54959	91,61475
15% Perc =	61,20489	94,16137
20% Perc =	62,41849	96,02845
25% Perc =	63,35368	97,46719
30% Perc =	64,58188	99,35674
35% Perc =	65,49094	100,7553

Quadro 1D, Cont.

@RISK Simulation of Pasta5	Run on 22/09/2000, 17:01:27	Simulations= 1 Iterations = 500
40% Perc =	66,19379	101,8366
45% Perc =	67,4959	103,8398
50% Perc =	68,30005	105,077
55% Perc =	69,33107	106,6632
60% Perc =	70,48575	108,4396
65% Perc =	72,15895	111,0138
70% Perc =	73,56741	113,1806
75% Perc =	75,14078	115,6012
80% Perc =	76,70788	118,0121
85% Perc =	78,4054	120,6237
90% Perc =	81,41771	125,258
95% Perc =	83,87272	129,0349
Filter Minimum =		
Filter Maximum =		
Type (1 or 2) =		
# Values Filtered =	0	0
Scenario #1 =	>75%	
Scenario #2 =	<25%	
Scenario #3 =	>90%	

Quadro 2D - Simulação do custo de coque mineral importado para produção de uma tonelada de ferro-gusa

@RISK Simulation of Pasta1	Run on 22/09/2000, 16:52:50	Simulations= 1	Iterations= 700
Name Description Cell	1 Ton. De Ferro-gusa Output E3	Preço coque US\$ Triang(100;120;140) A3	Taxa de câmbio Triang(0,71;1,11;1,9) B3
Minimum =	38,48399	100,6479	0,7321548
Maximum =	116,2698	139,6583	1,870393
Mean =	71,75964	119,9642	1,245888
Std Deviation =	15,35133	8,215736	0,2502514
Variance =	235,6632	67,49832	6,26E-02
Skewness =	0,3800214	-4,86E-02	0,2951531
Kurtosis =	2,602638	2,322185	2,363087
Errors Calculated =	0	0	0
Mode =	66,77802	120,7043	1,257128
5% Perc =	49,68725	106,178	0,8786901
10% Perc =	53,19313	108,6779	0,9266258
15% Perc =	55,83838	110,5255	0,9870319
20% Perc =	58,10431	112,5471	1,034553
25% Perc =	60,15046	113,8833	1,061215
30% Perc =	62,33096	115,5443	1,092352
35% Perc =	64,14472	116,8269	1,111787
40% Perc =	66,20432	117,864	1,140565
45% Perc =	68,15025	119,0255	1,181345
50% Perc =	69,73731	120,0457	1,22451
55% Perc =	71,70998	120,8932	1,254905
60% Perc =	73,96815	122,105	1,284183
65% Perc =	76,56211	123,3499	1,33301
70% Perc =	79,38519	124,5647	1,376438
75% Perc =	83,20911	126,0136	1,425841
80% Perc =	86,17671	127,6111	1,479453
85% Perc =	88,932	129,5286	1,542594
90% Perc =	92,81472	131,0685	1,604558
95% Perc =	98,85763	133,2212	1,700742
Filter Minimum =			
Filter Maximum =			
Type (1 or 2) =			
# Values Filtered =	0	0	0
Scenario #1 =	> 75%		
Scenario #2 =	< 25%		
Scenario #3 =	> 90%		

Quadro 3D - Probabilidades acumuladas para os custos da empresa quando se utiliza carvão vegetal de produção própria

@RISK Simulation of Custo Prod. Carvão.xls	Run on 25/10/2000, 16:47:26	Simulations= 1	Iterations= 500
Name	1 ton de gusa R\$	Taxa de Juros	Produtividade
Description	Output	Triang(0,05;0,18;0,33)	Triang(20;45;60)
Cell	R7	I7	K7
Minimum =	78,25837	6,41E-02	22,65142
Maximum =	185,8229	0,3264479	59,30803
Mean =	113,5546	0,1894836	41,74286
Std Deviation =	20,49087	5,56E-02	8,064251
Variance =	419,8758	3,10E-03	65,03214
Skewness =	0,9599949	-1,27E-02	-0,1912726
Kurtosis =	3,792353	2,468949	2,445859
Errors Calculated =	0	0	0
Mode =	97,35945	0,1640179	46,62518
5% Perc =	87,41402	9,55E-02	27,45024
10% Perc =	90,91089	0,1155529	29,53899
15% Perc =	93,41371	0,1247179	32,61264
20% Perc =	95,91191	0,1397097	34,57539
25% Perc =	97,75801	0,1511019	36,15162
30% Perc =	100,3093	0,1593942	37,83484
35% Perc =	102,4305	0,1656684	39,14596
40% Perc =	105,0459	0,1732726	40,24928
45% Perc =	107,6968	0,1827321	41,27198
50% Perc =	110,3583	0,1905407	42,40422
55% Perc =	112,5019	0,1968839	43,45715
60% Perc =	114,6483	0,2056546	44,26431
65% Perc =	117,2103	0,2116572	45,27265
70% Perc =	120,2393	0,2186477	46,31687
75% Perc =	125,0693	0,2295946	47,34367
80% Perc =	128,3232	0,2390729	48,68315
85% Perc =	135,4451	0,2480055	50,01375
90% Perc =	140,9129	0,2620284	51,70768
95% Perc =	154,7144	0,2812226	54,82895
Filter Minimum =			
Filter Maximum =			
Type (1 or 2) =			
# Values Filtered =	0	0	0
Scenario #1 =	>75%		
Scenario #2 =	<25%		
Scenario #3 =	>90%		

Quadro 4D - Probabilidade acumulada de o custo da empresa com carvão vegetal de mercado ser menor que o do coque mineral importado

@RISK Simulation of Pasta1	Run on 17/01/2001, 09:23:55	Simulations= 1	Iterations= 1000	
Name	Razão Pc/PcqxTc	P. coque	Pcarv.	Tx cambio
Description	Output	Triang(100;120;140)	Triang(80;100;140)	Triang(0,7;1,11;1,9)
Cell	G6	A6	C6	E6
Minimum =	0,5372096	100,2619	80,75979	0,7166208
Maximum =	2,176724	139,1943	137,9985	1,852542
Mean =	1,112787	119,9121	107,5779	1,235715
Std Deviation =	0,2689103	8,132361	12,46439	0,2500145
Variance =	7,23E-02	66,1353	155,3609	6,25E-02
Skewness =	0,6357694	1,54E-02	0,3090136	0,3137223
Kurtosis =	3,483832	2,333176	2,371796	2,429868
Errors Calculated =	0	0	0	0
Mode =	0,9999736	121,0154	104,1831	1,211681
5% Perc =	0,7108662	106,6762	89,25102	0,8598181
10% Perc =	0,7838463	108,8008	92,40816	0,9152406
15% Perc =	0,834375	110,9855	94,35028	0,9689956
20% Perc =	0,8951304	112,4109	96,51906	1,004593
25% Perc =	0,9280621	114,1344	98,25732	1,045746
30% Perc =	0,9551836	115,3703	100,0423	1,079462
35% Perc =	0,9894618	116,3941	101,3583	1,120082
40% Perc =	1,018869	117,5644	102,6715	1,151813
45% Perc =	1,052718	118,6631	104,2434	1,181389
50% Perc =	1,086639	119,6839	105,9673	1,210237
55% Perc =	1,119314	120,9757	108,0646	1,242272
60% Perc =	1,149812	122,0129	109,6651	1,283048
65% Perc =	1,187165	123,2823	111,5297	1,313791
70% Perc =	1,230854	124,5174	113,9781	1,353235
75% Perc =	1,269446	126,1421	116,1662	1,408643
80% Perc =	1,313416	127,6195	118,9435	1,461494
85% Perc =	1,380911	128,9053	122,5984	1,519031
90% Perc =	1,473562	131,1286	126,3155	1,596968
95% Perc =	1,639714	132,9907	129,9197	1,686918
Filter Minimum =				
Filter Maximum =				
Type (1 or 2) =				
# Values Filtered =	0	0	0	0
Scenario #1 =	>75%			
Scenario #2 =	<25%			
Scenario #3 =	>90%			

Quadro 5D - Probabilidade acumulada de o carvão de produção própria gerar custo menor do que o do coque mineral importado

@RISK Simulation of Pasta1	Run on 17/01/2001, 10:40:22	Simulations= 1	Iterations= 600	
Name	Razão Pc/Pcq x Tc	P. coque	Custo carvão	Tx cambio
Description	Output	Triang(100;120;140)	Triang(110;130;150)	Triang(0,7;1,11;1,9)
Cell	G6	A6	C6	E6
Minimum =	0,7341825	100,8195	110,9726	0,7154912
Maximum =	2,308148	138,6713	148,3907	1,883702
Mean =	1,373484	119,8728	130,7034	1,254742
Std Deviation =	0,3116032	7,67489	8,2042	0,2621981
Variance =	9,71E-02	58,90394	67,30889	6,87E-02
Skewness =	0,3757025	3,33E-04	-9,84E-02	0,2709514
Kurtosis =	2,619123	2,639911	2,343751	2,195208
Errors Calculated =	0	0	0	0
Mode =	1,237962	119,06	123,171	0,9692507
5% Perc =	0,9045787	106,4228	116,7903	0,8695137
10% Perc =	0,990813	109,3771	119,9797	0,9284387
15% Perc =	1,033702	111,8469	121,4266	0,9682223
20% Perc =	1,0807	113,4631	123,1987	1,00562
25% Perc =	1,131241	114,4239	124,6308	1,04603
30% Perc =	1,185052	115,968	126,021	1,082178
35% Perc =	1,225955	117,0866	127,3506	1,117154
40% Perc =	1,25369	117,9977	128,7494	1,152314
45% Perc =	1,298335	119,0181	129,5991	1,18847
50% Perc =	1,356602	119,9658	130,8395	1,228788
55% Perc =	1,4014	120,6784	131,9375	1,276154
60% Perc =	1,439689	121,4899	132,8324	1,30432
65% Perc =	1,479286	122,4327	134,1074	1,355132
70% Perc =	1,518035	123,6871	135,558	1,404182
75% Perc =	1,587628	124,9422	137,017	1,449223
80% Perc =	1,649413	126,7953	138,3748	1,507186
85% Perc =	1,713495	128,1047	139,9001	1,569447
90% Perc =	1,781859	130,4483	141,6038	1,63171
95% Perc =	1,947703	133,2878	143,9035	1,714761
Filter Minimum =				
Filter Maximum =				
Type (1 or 2) =				
# Values Filtered =	0	0	0	0
Scenario #1 =	>75%			
Scenario #2 =	<25%			
Scenario #3 =	>90%			

Quadro 6D - Probabilidade acumulada da condição de competitividade para o preço do carvão vegetal adquirido no mercado igual a R\$ 70,00

@RISK Simulation of Pasta1	Run on 17/01/2001, 09:39:39	Simulations= 1	Iterations= 400
Name Description Cell	Razão Pc/Pcq x c Output G6	P. coque Triang(100;120;140) A6	Tx cambio Triang(0,71;1,11;1,9) E6
Minimum =	0,4043455	101,3269	0,7459189
Maximum =	1,1815	139,2309	1,864564
Mean =	0,7300753	119,3528	1,240224
Std Deviation =	0,1533019	7,96031	0,2517308
Variance =	2,35E-02	63,36654	6,34E-02
Skewness =	0,3995054	0,1140984	0,3547355
Kurtosis =	2,667792	2,362125	2,326287
Errors Calculated =	0	0	0
Mode =	0,7007539	111,4816	1,140914
5% Perc =	0,5049796	106,7074	0,8840563
10% Perc =	0,5417377	109,0822	0,9284779
15% Perc =	0,5657767	110,8343	0,9795181
20% Perc =	0,5930601	112,1294	1,018383
25% Perc =	0,6170777	113,5003	1,050165
30% Perc =	0,6364009	114,7061	1,084427
35% Perc =	0,6548259	116,0083	1,113171
40% Perc =	0,6687672	116,9444	1,13679
45% Perc =	0,6887415	117,7664	1,159242
50% Perc =	0,7066577	118,5205	1,191956
55% Perc =	0,7337954	119,7843	1,225371
60% Perc =	0,7513247	121,1432	1,275716
65% Perc =	0,7809845	122,201	1,322645
70% Perc =	0,8146067	123,8632	1,374593
75% Perc =	0,8404388	125,6263	1,430813
80% Perc =	0,8686541	126,8375	1,488973
85% Perc =	0,8966084	128,422	1,54245
90% Perc =	0,9222882	130,1748	1,60483
95% Perc =	1,023686	133,2044	1,673706
Filter Minimum =			
Filter Maximum =			
Type (1 or 2) =			
# Values Filtered =	0	0	0
Scenario #1 =	>75%		
Scenario #2 =	<25%		
Scenario #3 =	>90%		

Quadro 7D - Probabilidade acumulada da condição de competitividade para o preço do coque igual a US\$ 170,00

@RISK Simulation of Pasta1	Run on 17/01/2001, 10:14:39	Simulations= 1	Iterations= 800
Name Description Cell	Razão Pc/Pcq x tc Output G6	Pcarv. Triang(80;100;140) C6	Tx cambio Triang(0,7;1,11;1,9) E6
Minimum =	0,3632653	80,6534	0,7486739
Maximum =	1,334965	139,3821	1,849612
Mean =	0,7268445	106,8485	1,224646
Std Deviation =	0,1708418	12,39149	0,2480403
Variance =	2,92E-02	153,5491	6,15E-02
Skewness =	0,6078237	0,3470568	0,3335061
Kurtosis =	3,21883	2,357757	2,434402
Errors Calculated =	0	0	0
Mode =	0,6160306	96,11638	1,079954
5% Perc =	0,4838818	88,66125	0,8479881
10% Perc =	0,527109	91,57888	0,9151036
15% Perc =	0,5521002	93,77129	0,9615363
20% Perc =	0,5796926	95,60036	0,9979935
25% Perc =	0,5991406	96,89584	1,029478
30% Perc =	0,6172032	98,40525	1,072911
35% Perc =	0,6384962	100,0484	1,105069
40% Perc =	0,6614751	101,6536	1,139464
45% Perc =	0,6803494	103,5647	1,169808
50% Perc =	0,6991644	105,9422	1,20236
55% Perc =	0,7250733	107,8428	1,23794
60% Perc =	0,7533483	109,3625	1,271201
65% Perc =	0,782181	110,9104	1,310212
70% Perc =	0,8066967	113,1017	1,347794
75% Perc =	0,8364967	115,563	1,391421
80% Perc =	0,8715418	118,7926	1,436936
85% Perc =	0,9090527	121,4681	1,502745
90% Perc =	0,9573826	124,4843	1,59178
95% Perc =	1,029298	128,6335	1,683339
Filter Minimum =			
Filter Maximum =			
Type (1 or 2) =			
# Values Filtered =	0	0	0
Scenario #1 =	>75%		
Scenario #2 =	<25%		
Scenario #3 =	>90%		

Quadro 8D - Probabilidade acumulada da condição de competitividade para a taxa de câmbio igual a R\$/US\$ 0,80

@RISK Simulation of Pasta1	Run on 17/01/2001, 10:29:49	Iterations 500	
Name	Razão Pc/Pcq x Tc	P. coque	Pcarv.
Description	Output	Triang(100;120;140)	Triang(80;100;140)
Cell	G6	A6	C6
Minimum =	0,4910937	100,3844	81,44946
Maximum =	1,014245	139,7491	139,3305
Mean =	0,7145407	119,9988	106,6688
Std Deviation =	9,72E-02	8,172222	12,47623
Variance =	9,46E-03	66,78521	155,6564
Skewness =	0,2941418	4,31E-04	0,3077195
Kurtosis =	2,678582	2,410099	2,403053
Errors Calculated =	0	0	0
Mode =	0,6843888	120,5076	100,3496
5% Perc =	0,5648242	106,2103	87,73211
10% Perc =	0,5925225	108,8888	90,90633
15% Perc =	0,6072131	110,8829	93,38807
20% Perc =	0,6254641	112,6264	95,46613
25% Perc =	0,6420548	114,1132	97,30851
30% Perc =	0,6551064	115,4435	98,952
35% Perc =	0,6705076	116,7271	100,4496
40% Perc =	0,6835933	117,8856	101,9974
45% Perc =	0,6972916	118,9704	103,6052
50% Perc =	0,7085338	119,9904	105,2983
55% Perc =	0,7197319	121,015	107,1012
60% Perc =	0,7344656	122,0684	108,9812
65% Perc =	0,745211	123,2405	110,9963
70% Perc =	0,7642329	124,4591	113,0878
75% Perc =	0,7821914	125,8382	115,4635
80% Perc =	0,7987022	127,3384	118,0617
85% Perc =	0,8188046	129,0285	120,9768
90% Perc =	0,8431647	131,0483	124,4107
95% Perc =	0,8788373	133,5778	128,8721
Filter Minimum =			
Filter Maximum =			
Type (1 or 2) =			
# Values Filtered =	0	0	0
Scenario #1 =	>75%		
Scenario #2 =	<25%		
Scenario #3 =	>90%		

Quadro 9D - Probabilidade acumulada para a condição de competitividade quando a taxa de câmbio for fixa em R\$/US\$ 0,80 e o preço do carvão vegetal de mercado for igual a R\$ 70,00

@RISK Simulation of Pasta1 Run on 25/01/2001, 11:48:39 Simulations= 1 Iteraions=600		
Name	Razão Pc/Pcq x Tc	Preço coq
Description	Output	Triang(100;120;140)
Cell	H5	A5
Minimum =	0,6393422	100,9309
Maximum =	0,8718836	137,6415
Mean =	0,7402306	119,4326
Std Deviation =	5,06E-02	8,081604
Variance =	2,56E-03	65,31233
Skewness =	0,2928835	-8,75E-03
Kurtosis =	2,488675	2,391209
Errors Calculated =	0	0
Mode =	0,766129	114,8632
5% Perc =	0,6608531	105,8756
10% Perc =	0,6735649	108,2773
15% Perc =	0,685101	109,7863
20% Perc =	0,6941742	111,6287
25% Perc =	0,7045988	113,921
30% Perc =	0,7103784	115,212
35% Perc =	0,7186985	116,3743
40% Perc =	0,7251719	117,3753
45% Perc =	0,7302347	118,3113
50% Perc =	0,7348765	119,7423
55% Perc =	0,7436693	120,4735
60% Perc =	0,7491632	121,3198
65% Perc =	0,756125	122,3888
70% Perc =	0,7631617	123,8472
75% Perc =	0,7724326	124,8685
80% Perc =	0,7882321	126,7607
85% Perc =	0,800864	128,3422
90% Perc =	0,8118643	130,4991
95% Perc =	0,8299359	133,1268
Filter Minimum =		
Filter Maximum =		
Type (1 or 2) =		
# Values Filtered =	0	0
Scenario #1 =	>75%	
Scenario #2 =	<25%	
Scenario #3 =	>90%	

Quadro 10D - Probabilidade acumulada para a condição de competitividade quando a taxa de câmbio for fixa em R\$/US\$ 0,80 e o preço do coque for igual a US\$ 120,00

@RISK Simulation of Pasta1 Run on 25/01/2001, 11:48:39 Simulations= 1 Iteraions=600		
Name	Razão Pc/Pcq x Tc	Preço coq
Description	Output	Triang(100;120;140)
Cell	H5	A5
Minimum =	0,5387651	80,81476
Maximum =	0,9224509	138,3676
Mean =	0,7137621	107,0643
Std Deviation =	8,25e-02	12,37765
Variance =	6,81e-03	153,2061
Skewness =	0,2304132	0,2304132
Kurtosis =	2,375237	2,375237
Errors Calculated =	0	0
Mode =	0,6769508	101,5426
5% Perc =	0,5888249	88,32375
10% Perc =	0,6082835	91,24252
15% Perc =	0,6251631	93,77448
20% Perc =	0,6380486	95,70728
25% Perc =	0,6515456	97,73185
30% Perc =	0,6647363	99,71045
35% Perc =	0,675004	101,2506
40% Perc =	0,6838967	102,5845
45% Perc =	0,6948617	104,2292
50% Perc =	0,7051103	105,7665
55% Perc =	0,7195619	107,9343
60% Perc =	0,7326282	109,8942
65% Perc =	0,7453464	111,802
70% Perc =	0,7586582	113,7987
75% Perc =	0,7746915	116,2037
80% Perc =	0,7895348	118,4302
85% Perc =	0,8055006	120,8251
90% Perc =	0,8318832	124,7825
95% Perc =	0,8584449	128,7667
Filter Minimum =		
Filter Maximum =		
Type (1 or 2) =		
# Values Filtered =	0	0
Scenario #1 =	>75%	
Scenario #2 =	<25%	
Scenario #3 =	>90%	