

# RENTABILIDADE ECONÔMICA E RISCO NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Rodrigo Ribeiro de Castro<sup>1</sup>, Márcio Lopes da Silva<sup>2</sup>,  
Helio Garcia Leite<sup>2</sup>, Márcio Leles Romarco de Oliveira<sup>1</sup>

(recebido: 22 de novembro de 2006; aceito: 28 de setembro de 2007)

**RESUMO:** Objetivou-se neste trabalho avaliar a viabilidade econômica de produção de carvão vegetal em florestas plantadas de eucalipto, em condições deterministas e de risco. Para tanto, foram definidos os custos de um projeto florestal, bem como a produção de carvão vegetal sob regime de manejo com três rotações por ciclo. A análise de risco foi realizada pelo método de Monte Carlo, utilizando o software @RISK. Pela análise determinística os indicadores econômicos se mostraram positivos (viáveis), a análise de risco indica que há uma probabilidade de 12% de se obter valores negativos, ou seja, que o projeto seja inviável economicamente. Foi demonstrado que a inclusão da análise de risco, em análise de rentabilidade econômica de projetos, resulta em maior segurança para inferir sobre os indicadores econômicos.

Palavras-chave: Carvão vegetal, análise econômica e de risco, Monte Carlo, Simulação.

## ECONOMIC RENTABILITY AND RISK ON CHARCOAL PRODUCTION

**ABSTRACT:** *The goal of the present work was to evaluate the economic viability of producing charcoal in eucalypt stands, in deterministic and risk conditions. In order to do this, the costs of a forest project were defined, as well as the production of charcoal under the management regime with three rotations per cycle. The risk analysis was carried out through the Monte Carlo method, using the @RISK software. Through the deterministic analysis, the economic indicators were positive (viable), and the risk analysis indicates that there is a probability of 12 % for obtaining negative values, namely, for the project to be economically inviable. It was demonstrated that the inclusion of the risk analysis in the analysis of a project economic rentability offers greater safety for inference about the economic indicators.*

*Key words: Charcoal, economic analysis, risk, Monte Carlo, Simulation.*

### 1 INTRODUÇÃO

O carvão vegetal, que contribui significativamente para o desenvolvimento das indústrias de base florestal no Brasil, é um subproduto florestal resultante da pirólise da madeira, também conhecida como carbonização ou destilação seca da madeira. No processo de carbonização, a madeira é aquecida em ambiente fechado, na ausência ou presença de quantidades controladas de oxigênio, a temperaturas acima de 300 °C, desprendendo vapor d'água, líquidos orgânicos e gases não condensáveis, ficando como resíduo o carvão.

Os produtores se orientam, geralmente, pelo mercado de carvão vegetal para siderurgia. O tipo de informação de mercado utilizada é o preço praticado na compra do carvão nas regiões consumidoras desse insumo, onde estão localizadas as siderurgias (FONTES, 2005). Períodos de alta dos preços incentivam os produtores a realizarem plantios e carvoejamento.

Sua oferta é instável, pois depende de condições edafoclimáticas, gerando desajustamento entre oferta, demanda e preço. Essas instabilidades nos preços são ocasionadas por flutuações estacionais e aleatórias, no decorrer do ano (REZENDE et al., 1988).

Os problemas causados pelas variações de preços do carvão e de outros na rentabilidade econômica podem ser estudados, incluindo o risco, na análise de rentabilidade.

O risco é a possibilidade de prejuízo financeiro ou, mais formalmente, a variabilidade de retornos associada a determinado ativo. Assim, a relação risco/retorno desempenha papel preponderante na determinação do destino dado ao capital privado, de forma que um dos principais atrativos para o investimento é uma relação coerente entre essas duas variáveis (GITMAN, 2004).

Há necessidade de se incorporar as variações de preço na análise de rentabilidade, para que tanto empresas quanto produtores possam dispor de informações de

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Pós-graduandos do Departamento de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa /UFV – 36.571-000 – Viçosa, MG – rodrigodcastro@gmail.com, marcioromarco@gmail.com

<sup>2</sup>Professores do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa/UFV – 36.571-000 – Viçosa, MG – marlosil@ufv.br, hgleite@ufv.br

qualidade para a tomada de decisão. Objetivou-se, aqui, analisar a rentabilidade econômica da produção de carvão em condições determinísticas e de risco.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Na Tabela 1, encontram-se os dados utilizados para realização da análise econômica. Eles são provenientes de um estudo de diagnóstico de viabilidade técnica e

econômica de empresas produtoras de carvão na região de Minas Gerais.

Segundo Lima Júnior et al. (1997), a escolha por taxas de juros arbitrárias na amplitude de 4 a 15% a.a. é comum. Nesse trabalho utilizou-se a taxa de juros de 8,75% ao ano, por ser a taxa de juros utilizada pelo PROPFLORA (linha de financiamento do Programa Nacional de Floresta do governo federal).

**Tabela 1** – Dados utilizados na análise econômica do manejo para produção de carvão.

*Table 1* – Data used in the economic analysis of the charcoal production management.

Itens	Valores
Taxa de desconto (%ao ano)	8,75
<b>Terra (R\$/ha)</b>	
Valor da terra	2.000,00
Valor da terra de efetivo plantio	2.500,00
Percentual de reserva legal/outros	20
Custo anual da terra	218,75
<b>Custos silviculturais (R\$/ha)</b>	
Custo da Implantação	1.800,00
Custo da manutenção - 1º Ano	275,00
Custo da manutenção - 2º Ano	260,00
Custo da manutenção - 3 Ano	25,00
Custo da manutenção (demais anos)	25,00
<b>Custos de Colheita/Transporte/Carvoejamento (R\$/ mdc)</b>	
Roçada pré-corte	0,62
Corte e embandeiramento lenha	8,76
Transporte, Carga e Descarga manual lenha	7,35
Carvoejamento	7,23
Carregamento do carvão	2,20
Frete	20,00
Amortização da infraestrutura	4,53
<b>Produção</b>	
Produtividade florestal (st/ha/ano)	45,00
Redução de produção a cada colheita (%)	10
Conversão lenha/carvão (st/mdc)	1,80
Produção de carvão vegetal a cada colheita (mdc/ha)	
Primeira colheita (st/ha)	175
Segunda colheita (st/ha)	158
Terceira colheita (st/ha)	142
Preço do carvão na usina (R\$/mdc)	90,00

Fonte: Silva et al. (2005).

A rentabilidade econômica da produção de carvão foi analisada em duas condições: no determinismo, pressupõe 100% de certeza quanto aos valores das variáveis. No entanto, quando se considera o risco, não se tem certeza absoluta sobre o valor da variável, sendo esse representado por distribuições de probabilidade da sua ocorrência.

Os critérios de análise econômica utilizados foram:

Valor Presente Líquido (VPL),  $VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}$

Valor Anual Equivalente (VAE),  $VAE = \frac{VPL}{1 - (1+i)^{-n}}$

Taxa Interna de Retorno (TIR)  $\sum_{j=0}^n R_j(1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j(1+TIR)^{-j}$

Custo Médio de Produção (CMP)  $CMP = \frac{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n PT_j(1+i)^{-j}}$

Razão Benefício Custo (B/C)  $B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}}$

Valor Esperado da Terra (VET)  $VET = \frac{VPL(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$

em que:

$C_j$  = custos ao final do ano ou do período de tempo considerado;

$R_j$  = receita ao final do ano ou do período de tempo considerado;

$i$  = taxa de juros que representa o custo de oportunidade do capital;

$n$  = duração do projeto, em anos;

$PT_j$  = produção total obtida no final do período  $j$ .

Com as informações disponíveis sobre produtividade, preços de venda do carvão e custos de produção foram analisadas as mudanças nas estimativas deterministas decorrentes de possíveis alterações nas variáveis.

Assim foi construído o seguinte cenário:

- aumento da produtividade em razão do melhoramento florestal;
- aumento no preço de venda do carvão em razão da diminuição da oferta e aumento da demanda;
- redução do custo de implantação em razão do aperfeiçoamento da tecnologia de produção de mudas;
- redução dos custos de carvoejamento / transporte do carvão.

Realizou-se uma análise de risco pelo método de Monte Carlo com o auxílio do software @RISK, que permite a análise de problemas complexos envolvendo variáveis aleatórias numa análise em condição de risco.

Segundo Shimizu (1984), a simulação de Monte Carlo é um processo que possibilita imitar uma realidade por meio de modelos, e 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.

Utilizou-se a distribuição triangular em virtude da ausência de maiores informações sobre as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias. Tal distribuição permite uma boa flexibilidade quanto ao grau de assimetria, permitindo uma característica positiva para a estimação subjetiva da distribuição.

As variáveis de risco foram: preço do carvão vegetal, custo de implantação, custo de carvoejamento/transporte do carvão e produtividade florestal.

Os valores mínimo e máximo da variável preço do carvão vegetal foram baseados nas variações observadas nas tabelas de preços da Associação Mineira de Silvicultura (AMS) de 1999 a 2005, e o valor médio foi baseado na estimativa média da análise determinista.

Os valores médios das variáveis: produtividade florestal, custo de carvoejamento/transporte do carvão e custo de implantação foram os mesmos da análise determinística. Já os valores mínimo e máximo basearam-se nas variações observadas nas empresas do setor florestal.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados da Tabela 1 foi definido o fluxo de caixa, com valores correntes e descontados (Tabela 2).

A partir desse fluxo de caixa foram determinados os indicadores econômicos para a análise determinística (Tabela 3). O lucro descontado do projeto (VPL) foi de R\$ 1.814,10 por hectare, isso equivale a um lucro anual (VAE) de R\$ 191,66, indicando a viabilidade econômica desse projeto. A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi de 11,95% ao ano, um pouco acima da taxa de desconto, indicando a rentabilidade do investimento. A Relação Benefício/Custo (B/C) indica que as receitas foram 13% superiores aos custos. O custo médio de produção do carvão foi de R\$ 79,35, indicando que o preço do carvão posto na usina esta acima do CMP. Já o Valor Esperado da Terra indica o preço máximo que se pode pagar pela terra que é de R\$ 3.883,64/ha.

Os resultados obtidos com a simulação de Monte Carlo observaram-se na Tabela 4.

**Tabela 2** – Fluxo de caixa do manejo para produção de carvão.**Table 2** – Cash flow of the charcoal production management.

Ano	Discriminação	Receita	Custo	Receita descontada	Custo descontado	Fluxo caixa
0	Implantação		1.800,00		1.800,00	-1.800,00
1	Manutenção 1		493,75		454,02	-454,02
2	Manutenção 2		478,75		404,81	-404,81
3	Manutenção 3		243,75		189,52	-189,52
4	Manutenção 4		243,75		174,27	-174,27
5	Manutenção 5		243,75		160,25	-160,25
6	Manutenção 6		243,75		147,36	-147,36
7	Colheita 1	15.750,00	9.089,50	8.755,39	5.052,84	3.702,56
8	Manutenção 1		493,75		252,39	-252,39
9	Manutenção 2		478,75		225,03	-225,03
10	Manutenção 3		243,75		105,35	-105,35
11	Manutenção 4		243,75		96,88	-96,88
12	Manutenção 5		243,75		89,08	-89,08
13	Manutenção 6		243,75		81,92	-81,92
14	Colheita 2	14.175,00	8.202,43	4.380,40	2.534,73	1.845,66
15	Manutenção 1		493,75		140,30	-140,30
16	Manutenção 2		478,75		125,10	-125,10
17	Manutenção 3		243,75		58,57	-58,57
18	Manutenção 4		243,75		53,85	-53,85
19	Manutenção 5		243,75		49,52	-49,52
20	Manutenção 6		243,75		45,54	-45,54
21	Colheita 3	12.757,50	7.404,06	2.191,55	1.271,91	919,64
	Total =	42.682,50	32.338,00	15.327,34	13.513,24	1.814,10

Manutenção 1: Adubação química, aplicação de calcário, adubação fosfatada, capina e roçada manual; Manutenção 2: Capina e roçada manual, combate formigas e adubação química; Manutenção 3: Capina química e roçada manual e combate formigas; Manutenção 4, 5 e 6: Idem a manutenção 3.

**Tabela 3** – Indicadores econômicos pela análise determinística.**Table 3** – Economic indicators of the deterministic analysis.

Indicadores Econômicos	Valores
Valor Presente Líquido (R\$/ha)	1.814,10
Taxa Interna de Retorno (% ao ano)	11,95
Valor Equivalente Anual (R\$/ha.ano)	191,66
Valor Esperado da Terra (R\$/ha)	3.883,64
Relação Benefício - Custos:	1,13
Custo Médio de Produção (R\$/mdc)	79,35

Os valores médios para o VPL, a TIR, o VAE, o VET, a B/C e o CMP, foram 11.18,76 R\$/ha, 4,90% a.a., 118,19 R\$/ha, 3.188,30 R\$/ha, 1,08 e 78,78 R\$/ha, respectivamente, indicando, desta forma, uma alta viabilidade do projeto.

A análise dos percentis indica que 50% dos valores do VPL estão abaixo de 1.141,19 R\$/ha. Porém, se forem analisados os mínimos obtidos para os indicadores econômicos, observa-se que existe um percentual de 30% dos valores serem negativos. Isto aconteceria quando os custos estiverem elevados e os preços e a produção estiverem num nível mais baixo o que tornaria o projeto inviável economicamente. Com a análise determinística não seria possível inferir sobre esta possibilidade dos projetos

serem economicamente inviáveis, pois ela não trabalha com variáveis aleatórias e probabilísticas como na simulação de Monte Carlo.

Na Tabela 5, constam os efeitos de cada variável de entrada nas variáveis de saída. Os valores positivos da elasticidade indicam que a relação entre as variáveis é diretamente proporcional.

Observando a relação entre o VPL e o preço do carvão, verifica-se que um aumento de 10% no preço de carvão acarretaria um incremento de 8,77% no VPL. Por outro lado um aumento de 10% no custo médio de carvoejamento/

transporte acarretaria uma diminuição de 3,80% ao valor do VPL. As variáveis que apresentaram maiores influências positiva e negativa para os indicadores econômicos foram o preço do carvão e o custo de carvoejamento.

Analisando a distribuição do VPL na Figura 1, observa-se que há uma probabilidade de 12% de ocorrerem valores negativos e uma probabilidade de, aproximadamente, 15% de se obter o VPL em torno do VPL médio. Isso confirma a importância dessa análise de risco, pois na análise determinística não se observa indicadores econômicos negativos.

**Tabela 4** – Indicadores econômicos, considerando-se análise de risco (simulação de Monte Carlo) para produção de carvão.

**Table 4** – Economic indicators, considering risk analysis (Monte Carlo simulation) for charcoal production.

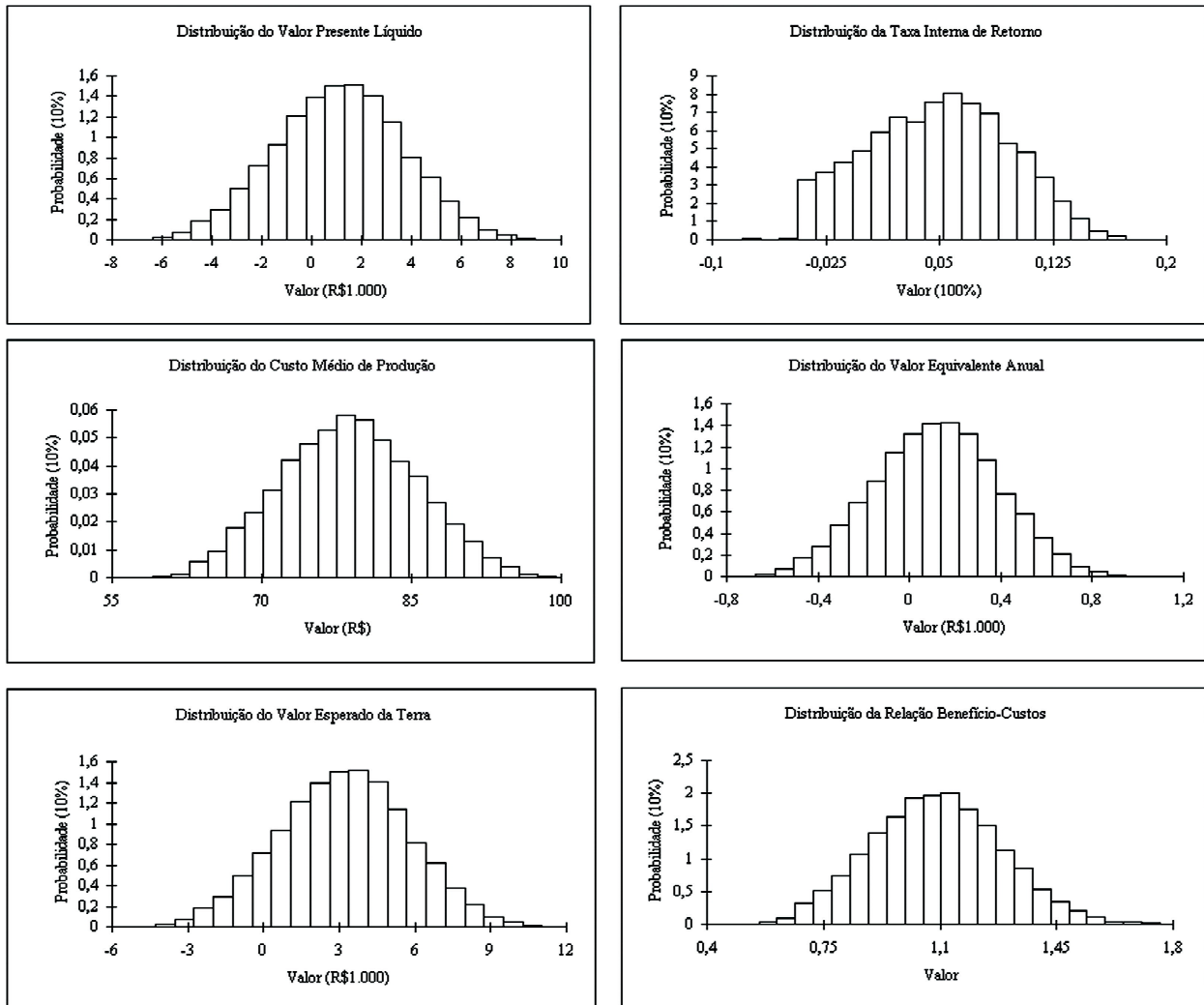
Nomes	Variáveis de Saída				Variáveis de Entrada					
	VPL	TIR	VAE	VET	B/C	CMP	PC	CI	PF	CCT
Mínimo	-7118,42	-7,90	-752,05	-5048,88	0,55	59,12	50,53	1504,25	35,14	35,24
Médio	1118,76	4,90	118,19	3188,30	1,08	78,78	85,10	1767,59	44,97	50,05
Máximo	9732,77	18,5	1028,25	11802,32	1,76	99,46	114,19	1995,72	54,95	64,82
Desvio padrão	2543,38	4,60	268,70	2543,38	0,19	6,74	13,19	101,77	4,10	6,14
Percentis										
10%	-2213,42	-0,016	-233,84	-143,89	0,83	69,87	66,87	1624,84	39,36	41,71
20%	-1071,87	0,005	-113,24	997,66	0,92	72,90	73,07	1674,60	41,29	44,57
30%	-234,55	0,022	-24,78	1834,98	0,98	75,06	78,07	1713,07	42,71	46,71
40%	489,596	0,037	51,72	2559,13	1,03	76,95	82,32	1746,12	43,90	48,45
50%	1141,19	0,051	120,56	3210,73	1,08	78,73	86,09	1774,62	44,98	50,04
60%	1822,27	0,063	192,52	3891,81	1,13	80,48	89,31	1799,57	46,03	51,66
70%	2504,52	0,076	264,60	4574,06	1,18	82,43	92,86	1826,91	47,28	53,40
80%	3287,55	0,091	347,32	5357,09	1,25	84,72	96,92	1859,32	48,69	55,59
90%	4421,68	0,110	467,14	6491,22	1,34	87,65	102,18	1899,51	50,56	58,34

PC – Preço do carvão, CI – custo de implantação, PF – Produtividade florestal e CCT – Custo de carvoejamento/transporte.

**Tabela 5** – Efeito das variáveis de entrada nos indicadores econômicos e ordem de influência (R).

**Table 5** – Effect of inputs on the outputs (economic indicators) and influence ranking (R).

Variáveis de Entrada (inputs)	VPL	R	TIR	R	CMP	R	VAE	R	B/C	R	VET	R
Preço do Carvão	0,877	1	0,571	1			0,884	1	0,873	1	0,881	1
Produtividade Florestal	0,218	3	0,223	3	-0,394	2	0,214	3	0,19	3	0,216	3
Custo de Implantação	-0,03	4	-0,059	4	0,09	3	-0,039	4	-0,042	4	-0,031	4
Custo de Carvoejamento/transporte	-0,38	2	-0,279	2	0,912	1	-0,412	2	-0,445	2	-0,375	2



**Figura 1** – Distribuição das probabilidades dos indicadores econômicos (VPL, VAE, TIR, CMP, VET e B/C).

*Figure 1* – Distribution of the probabilities of economic indicators (VPL, VAE, TIR, CMP, VET and B/C).

#### 4 CONCLUSÕES

Pela análise determinística todos os indicadores econômicos foram positivos e o projeto foi economicamente viável.

Na simulação de Monte Carlo existe a probabilidade de se ter valores negativos para os indicadores econômicos, gerando assim inviabilidade econômica para o projeto.

Pela análise de sensibilidade, as variáveis com maior impacto positivo e negativo nos indicadores econômicos

foram, respectivamente, o preço do carvão e o custo de carvoejamento.

A análise em condição de risco pelo método de Monte Carlo enriquece a análise de rentabilidade.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONTES, A. A. *A cadeia produtiva da madeira para energia*. 2005. 149 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira*. 10. ed. São Paulo: Hbra, 2004. 776 p.

LIMA JÚNIOR, V. B. L.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Determinação da taxa de desconto a ser usada na análise econômica de projetos florestais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 186, 1997.

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

SHIMIZU, T. **Pesquisa operacional em engenharia, economia e administração**: modelos básicos e métodos computacionais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.

SILVA, M. L.; PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; LOPES, M. A. M. F. **Diagnóstico e estudo de viabilidade técnica do reflorestamento com eucalipto na microrregião de Paracatu-MG**. Viçosa: UFV, 2005. 44 p. Relatório técnico – Sebrae/MG.