

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PLANTIOS DE *Eucalyptus grandis* PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE

Antonio Donizette de Oliveira¹, Thais Cunha Ferreira², José Roberto Soares Scolforo¹,
José Marcio de Mello¹, José Luiz Pereira Rezende¹

(Recebido: 28 de agosto de 2007; aceito: 28 de janeiro de 2008)

RESUMO: Objetivou-se neste estudo, analisar a viabilidade econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose, considerando diversas condições de sítio e dois espaçamentos; analisar as implicações econômicas relacionadas à lucratividade da atividade florestal decorrente da realização de plantios situados a diferentes distâncias da indústria consumidora e de mudanças nos parâmetros; taxa de desconto, preço da madeira, custo de transporte, diâmetro mínimo aproveitável do fuste e comprimento das toras em que o fuste é seccionado. Desenvolveu-se um modelo biométrico para prognosticar o volume de madeira utilizando-se dados provenientes de parcelas instaladas em plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose, com as idades de medição variando de 19 a 103 meses. A prognose do volume foi realizada a partir da idade zero, considerando o seccionamento do fuste em toras com 2,5 e 2,8 m de comprimento para diâmetros mínimos aproveitáveis de 4 a 10 cm, em intervalos de 2 cm. Para a análise econômica utilizou-se o critério do Valor Presente Líquido (VPL), calculado para um horizonte de planejamento considerado infinito. As principais conclusões foram: reduzir o diâmetro mínimo aproveitável do fuste e o comprimento das toras em que o mesmo é seccionado é uma boa estratégia para aumentar o aproveitamento de madeira e o lucro; os plantios situados em terras pouco produtivas são inviáveis economicamente; o custo de transporte tem efeito significativo na lucratividade da atividade florestal, devendo ser analisado com cuidado no momento de definir regiões com potencial para novos plantios; pequenas mudanças no preço de venda da madeira provocam grandes alterações na lucratividade da atividade florestal, sugerindo que a melhoria da qualidade da madeira, juntamente com outras medidas que visem aumentar o preço desse produto, são alternativas que podem viabilizar o plantio em áreas pouco produtivas e aumentar o lucro dos plantios das áreas mais produtivas.

Palavras-chave: celulose, análise econômica, *Eucalyptus* spp, prognose do volume.

ECONOMIC EVALUATION OF *Eucalyptus grandis* PLANTATION FOR CELLULOSE PRODUCTION

ABSTRACT: The aims of this research were: to analyze the economic feasibility of planting eucalyptus for producing wood pulp, considering various site index and two spacings; to analyze the economic effects regarding the profitability of the forest activity in different distances from the industry and changes on discount rate, wood price, transportation costs, minimum profitable diameter of logs and the length of the logs. A biometric model for making wood volume prognosis was developed, using data of a trial of *Eucalyptus grandis* stands 19 and 103 months old. The prognosis started at the age zero, considering logs of 2.5 and 6.0 m of length and the minimum diameter varying from 4 to 10 cm, in intervals of 2 cm. Net Present Worth (NPW) was used as the economic decision criterium, considering an infinite horizon. The main conclusions were: reducing the minimum profitable diameter and the length of the logs are good strategies to increase wood utilization and profit; plantations located in less productive lands are economically unfeasible; the cost of transportation has significant effect on the profitability of the forest activity and must be analyzed carefully at the moment of defining the location of new plantations; small variations on wood sales price may cause big alterations on the profitability of the forest activity, suggesting that the improvement of the wood quality together with other decisions that may increase wood price are alternatives that may render the plantations in less productive areas profitable.

Key words: economic analysis, *Eucalyptus* sp, volume prognosis.

1 INTRODUÇÃO

No início do século vinte, Navarro de Andrade introduziu o eucalipto no estado de São Paulo, com o objetivo principal de produzir lenha para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro – FEPASA. Com o passar do tempo, a madeira de eucalipto foi sendo destinada para outras finalidades, mas principalmente para produção de pasta celulósica.

Em qualquer subsetor florestal que empregue a madeira como matéria-prima, é de fundamental importância que seja feito um planejamento florestal minucioso de todas as atividades envolvidas no processo de produção para que resultem em menor custo de risco, minimização dos custos operacionais, melhoria da produtividade de trabalho e racionalização do fluxo de produção (HOSOKAWA & MENDES, 1984). É necessário também escolher com cuidado o local em que os povoamentos florestais serão

¹Professores do Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx.P. 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG – donizete@ufla.br, scolforo@ufla.br, josemarcio@ufla.br, jlprezen@ufla.br

²Engenheira Florestal, MSc – Setor de planejamento florestal – Aracruz Celulose S.A. – Rodovia Barra do Riacho, Km 25 – 29.197-000 – Aracruz, ES – tcferrera@aracruz.com.br

localizados (distância até a indústria) uma vez que o custo de transporte tem efeito considerável no custo final de produção de madeira. Segundo Arce (1997), esse custo responde pela maior parte do preço da madeira posto-fábrica na maioria das empresas de papel e celulose do Brasil.

Outro fator que deve ser considerado na análise econômica da atividade florestal é a terra, uma vez que dependendo de seu preço, nível de produtividade e localização em relação à fonte de consumo, essa atividade pode ser mais ou menos lucrativa. Segundo Alfaro (1985), em alguns casos a aquisição de terras mais caras é compensada pela alta produtividade e pela proximidade dos centros consumidores.

A existência de classes de produtividade e a escolha da densidade de plantios são outros fatores que devem ser considerados na análise econômica dos empreendimentos florestais. Objetivou-se, neste estudo analisar a viabilidade econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* manejados para produção de celulose, considerando diversas condições de sítio e dois espaçamentos; analisar as implicações econômicas relacionadas à lucratividade da atividade florestal decorrente da realização de plantios situados a diferentes distâncias da indústria consumidora e de mudanças nos parâmetros taxa de desconto, preço da madeira, custo de transporte, diâmetro mínimo aproveitável do fuste e comprimento das toras em que o fuste é seccionado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As áreas em estudo são de propriedade da Empresa Votorantim Celulose e Papel – VCP, com sede industrial no município de Luiz Antônio, Estado de São Paulo. Os dados foram provenientes de projetos localizados nos distritos de Altinópolis, Guataparará, Luiz Antônio e Tamoio. Nessas regiões, a precipitação média anual é de 1.579 mm, 1.430mm, 1.460 mm e 1.571mm, respectivamente. A temperatura média anual é de 24° C em Altinópolis e Tamoio; 23° C em Guataparará e Luiz Antônio. A altitude média é de 650 m acima do nível do mar. Os solos predominantes dos distritos de Altinópolis, Luiz Antônio e Tamoio são caracterizados como areia quartzosa álica, textura areia/areia franca (<15% argila), relevo suave ondulado sendo os solos predominantes de Guataparará e Tamoio e latossolo vermelho escuro, textura média (15 – 35% argila), relevo suave ondulado e ondulado.

2.2 Base de dados para desenvolvimento do estudo

2.2.1 Modelo Biométrico

Os dados utilizados para a prognose precoce do volume por classe diamétrica foram provenientes de plantios de *Eucalyptus grandis*, de parcelas retangulares de 400m², com idades de medição variando de 19 a 103 meses, instaladas nos espaçamentos 3x2m e 3x3m. O modelo foi composto por cinco fases.

Na fase um, é feita a classificação de sítio utilizando o método da diferença algébrica, avaliando o desempenho dos modelos em sua forma anamórfica e polimórfica. A equação de sítio selecionada é:

$$S = 32,2522562 * \left(\frac{Hd}{32,2522562} \right)^{\left(\frac{\ln(1 - \text{EXP}(-3,3044895 * (I^{0,1842405})))}{\ln(1 - \text{EXP}(-3,3044895 * (I_{ref}^{0,1842405})))} \right)}$$

em que:

S = índice de sítio;

Hd = altura dominante;

ln = logaritmo natural;

EXP = exponencial;

I_{ref} = idade de referência.

O coeficiente de determinação (R²) da equação de sítio foi de 88,32% e o erro-padrão dos resíduos (S_{yx} %) de 5,5%. A idade de referência adotada foi de 84 meses.

Na fase dois, desenvolveu-se e selecionaram-se os modelos e os atributos do povoamento, como: sobrevivência de árvores; área basal; diâmetro máximo; média aritmética dos diâmetros; diâmetro mínimo; variância dos diâmetros. De forma complementar, é obtido o diâmetro médio quadrático por meio da seguinte expressão:

$$Dg_2 = \sqrt{\frac{G_2}{0,000785398 * N_2}}$$

em que:

Dg₂ = diâmetro médio quadrático na idade de prognose I₂;

G₂ = área basal na idade de prognose I₂;

N₂ = número de árvores sobreviventes na idade de prognose I₂.

Na fase três são ajustados, construídos e selecionados os modelos hipsométricos e o polinômio de potências fracionárias e inteiras para estimativa da altura e do volume, respectivamente.

Na fase quatro é feito o ajuste e a seleção das distribuições diamétricas, sendo a de Weibull, com ajuste pelo método dos momentos, a mais precisa (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição de Weibull.**Table 1** – Weibull's distribution.

Fdp	$f(d) = \left(\frac{c}{b}\right) \left(\frac{d-a}{b}\right)^{c-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{d-a}{b}\right)^c\right]$
Faixa	$A \leq d \leq \infty, a \geq 0, b > 0, c > 0$
Método de Estimativa – Momentos	
Estimativa de b ou de $\bar{\beta}$ (escala):	$\bar{d} = b \Gamma\left(1 + \frac{1}{c}\right)$
Estimativa de c ou de γ (forma):	$cv = \frac{Sd}{\bar{d}} = \frac{[\Gamma(1+2c) - \Gamma(1+1/c)]^{1/2}}{\Gamma(1+1/c)}$
Parâmetros estimados da distribuição:	$\hat{\beta}, \hat{\gamma}$, além do parâmetro “a” ser vinculado ao D_{\min}

Finalmente, na fase cinco é obtida a prognose do crescimento e da produção dos múltiplos produtos da madeira e de seu volume. Para a avaliação da precisão das prognoses, utilizaram-se as informações de cada parcela em sua primeira medição e, a partir delas efetuou-se a prognose para as idades nas quais essas foram remeidas. Pôde-se então confrontá-las com os volumes de cada parcela obtida na ocasião do processamento do inventário. Observou-se que os resíduos obtidos desses confrontos não apresentaram tendenciosidade para os estratos que compuseram este estudo.

2.2.2 Cenários para prognose do volume

São realizadas prognoses para os plantios de *Eucalyptus grandis* nos espaçamentos 3x2 m e 3x3 m. Para cada situação é prognosticado o volume considerando o seccionamento do fuste em toras com 2,5 e 2,8 m de comprimento, conjugados com diâmetros mínimos aproveitáveis de 4 a 10, em intervalos de 2 cm.

2.3 Análise econômica

Os custos utilizados neste estudo referem-se aos gastos com reforma, manutenção, colheita e transporte de madeira para produção de celulose. As distâncias médias de transporte das regiões de Altinópolis, Guatapará, Luis Antônio e Tamoio até a indústria são de 120 km, 10 km, 75 km e 70 km, respectivamente. Considerou-se também o custo anual da terra, calculado com base nos juros sobre o valor da terra, que equivale ao custo de oportunidade do uso desse fator.

As receitas foram obtidas por meio da multiplicação do preço da madeira colocada no pátio da fábrica de

celulose pela quantidade produzida, para cada situação analisada.

A análise econômica é feita usando o critério do Valor Presente Líquido (VPL), considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}). Esse critério foi escolhido por permitir comparar alternativas que apresentam durações diferentes entre si, como é o caso deste estudo. Segundo Rezende & Oliveira (2000, 2001), o VPL_{∞} pode ser determinado pela seguinte fórmula:

$$VPL_{\infty} = \frac{VPL(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

em que:

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

n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo, que neste estudo indica a idade de corte do povoamento;

i = taxa anual de desconto ou taxa de juros mínima de atratividade, expressa na forma unitária;

j = período de tempo considerado;

C_j = Custos no final do ano j ou do período de tempo considerado; e

R_j = Receitas no final do ano j ou do período de tempo considerado.

Foi realizada análise de sensibilidade para testar o efeito de alguns parâmetros na lucratividade das diversas situações analisadas. Foram simuladas mudanças na taxa de desconto, preço da madeira, custo de transporte, comprimento das toras e diâmetro mínimo aproveitável do fuste.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observam-se nas Tabelas 2 e 3 os resultados das análises econômicas para diversas situações, considerando toras com 2,5 e 2,8 metros de comprimento conjugadas com diâmetros mínimos de 4, 6, 8 e 10 centímetros.

A região de Tamoio é a que gera o maior lucro para a empresa, pois ela possui plantios no sítio I, o qual apresenta elevada produtividade. No entanto, deve-se considerar que o percentual de área com alta produtividade é muito pequeno em relação ao total das áreas em que a

Tabela 2 – Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) em US\$/ha, volume de madeira (V) em m^3/ha e número de toras (N) por hectare, para toras com 2,8 metros de comprimento e taxa de desconto de 6% a.a.

Table 2 – Present Net Worth (VPL_{∞}) (US\$/ha), timber volume (V) (m^3/ha) and amount of logs (N) per hectare for 2.8 m length logs and discount rate of 6% a.a..

Região	Esp (m)	Sítio	Diâmetro mínimo = 4 cm			Diâmetro mínimo = 6 cm			Diâmetro mínimo = 8 cm			Diâmetro mínimo = 10 cm			
			N	V	VPL_{∞}	N	V	VPL_{∞}	N	V	VPL_{∞}	N	V	VPL_{∞}	
Alinópolis	3x2	III	8.416,2	206,1	765.17	7.370,2	198,2	597.72	5.810,0	198,2	230.74	3.955,6	183,6	-493.11	
		IV	8.279,7	218,5	190.41	7.315,0	211,0	78.37	5.776,0	206,7	-238.75	3.992,7	190,0	-766.92	
		V	8.113,0	227,1	-211.18	7.216,1	219,9	-553.41	5.726,8	213,4	-535.82	3.893,4	184,2	-935.02	
		VI	7.893,9	219,3	-479.34	6.937,9	211,8	-761.77	5.662,1	218,5	-760.98	3.925,5	190,4	-1,065.06	
		VII	7.701,7	225,3	-707.73	6.818,6	218,4	-1.524,98	4.954,1	218,4	-965.62	3.838,8	185,7	-1,167.18	
	3x3	III	6.104,9	199,1	-409.45	5.574,4	194,5	328.41	4.656,3	196,5	43.88	3.330,9	167,8	-384.87	
		IV	5.664,1	186,9	-99.54	5.118,2	182,1	-157.39	4.141,4	181,3	-399.29	3.355,8	173,5	-658.78	
		V	5.516,1	179,3	-425.02	5.060,6	189,5	-479.30	4.141,0	187,2	-651.17	3.354,2	178,2	-845.73	
		VI	5.378,9	186,5	-659.87	4.972,6	194,4	-712.30	3.954,6	179,4	-843.77	3.270,0	172,6	-992.65	
		VII	5.113,7	179,2	-845.52	4.834,8	187,7	-874.41	3.845,9	173,7	-984.04	3.184,7	167,5	-1,104.51	
Guatapar	3x2	II	8.163,8	175,8	1,740.88	6.665,9	164,4	1,238.41	5.633,1	168,9	383.54	4.114,0	166,6	-930.30	
		III	7.452,5	161,3	123.58	6.365,7	153,3	-150.06	5.458,0	179,4	-636.27	3.957,7	161,4	-1,386.44	
		IV	6.833,3	174,5	-748.82	6.107,1	168,8	-879.76	5.081,8	171,1	-1,197.47	3.855,8	158,2	-1,700.82	
	3x3	II	5.765,9	164,0	1,547.18	5.095,4	158,6	1,309.17	4.714,7	171,8	751.23	3.734,3	167,8	-192.13	
		III	5.198,0	149,3	-18.38	4.887,0	167,5	-200.42	4.377,6	188,0	-497.98	3.521,0	171,1	-1,015.34	
		IV	4.924,9	162,3	-826.47	4.512,2	158,7	-909.17	3.767,8	162,4	-1,184.82	2.919,1	153,7	-1,610.05	
		Luiz Antnio	II	7.337,8	181,3	896.88	6.528,3	175,1	663.61	5.658,7	178,3	-104.38	4.061,0	158,1	-1,246.71
			III	6.932,9	157,9	-700.02	6.660,4	176,0	-1,503.30	5.436,9	174,3	-1,256.23	3.825,9	153,1	-1,901.45
Tmoio	3x2	IV	6.230,9	143,4	-1,460.16	4.903,1	130,6	-1,913.02	5.244,0	172,4	-1,802.73	3.837,8	151,5	-2,240.60	
		V	6.780,4	180,6	-1,877.21	6.073,7	164,7	-3,829.67	4.994,2	161,5	-2,115.73	3.852,4	157,5	-2,472.77	
		II	5.113,0	155,2	241.28	5.347,8	172,5	-5.23	4.166,3	155,8	-492.84	2.541,1	113,6	-1,323.91	
		III	5.104,5	154,2	-1,108.73	5.060,8	166,6	-1,204.61	4.460,4	168,3	-1,466.55	2.757,8	124,0	-1,925.84	
	3x3	IV	4.336,3	121,7	-1,700.71	4.801,9	162,8	-1,773.94	4.255,5	163,1	-1,942.08	3.288,7	152,6	-2,299.40	
		V	4.582,9	143,2	-2,054.68	4.201,7	139,3	-2,110.54	4.067,7	158,8	-2,238.91	2.618,3	122,3	-2,521.05	
		I	9.462,9	244,7	6,090.46	8.053,6	233,5	5,496.48	6.006,6	206,7	4,075.16	4.673,7	207,6	2,004.66	
Tmoio	3x2	II	7.888,3	210,6	2,120.44	6.882,6	202,9	1,823.26	5.369,3	182,2	1,024.33	3.578,5	161,3	-562.51	
		III	7.180,3	189,9	294.11	6.255,2	183,5	102.42	5.386,9	211,5	-503.05	3.570,5	172,3	-1,291.54	
		IV	6.521,5	199,0	-754.48	5.924,5	210,3	-857.07	4.379,0	187,4	-1,333.91	3.531,8	178,4	-1,734.12	
		I	6.203,6	198,5	4,063.40	5.667,2	194,3	3,840.66	4.496,5	178,9	3,023.94	2.875,6	143,7	1,157.13	
	3x3	II	5.225,0	168,8	833.56	4.671,3	164,4	663.73	3.382,5	146,1	-42.56	2.900,2	147,0	-722.32	
		III	4.346,0	146,6	-734.30	4.011,7	143,4	-830.14	3.349,0	150,8	-1,180.42	2.789,4	150,2	-1,533.47	
		IV	3.933,1	151,6	-1,505.31	3.810,5	162,9	-1,551.58	3.218,3	154,1	-1,719.84	2.700,1	151,7	-1,955.25	

Tabela 3 – Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) em US\$/ha, volume de madeira (V) em m³/ha e número de toras (N) por hectare, para toras com 2,5 metros de comprimento e taxa de desconto de 6% a.a.

Table 3 – Present Net Worth (VPL_{∞}) (US\$/ha), timber volume (V) (m³/ha) and amount of logs (N) per hectare for 2.5 m length logs and discount rate of 6% a.a..

Região	Esp (m)	Sítio	Diâmetro mínimo = 4 cm			Diâmetro mínimo = 6 cm			Diâmetro mínimo = 8 cm			Diâmetro mínimo = 10 cm		
			N	V	VPL_{∞}	N	V	VPL_{∞}	N	V	VPL_{∞}	N	V	VPL_{∞}
Altinópolis	3x2	III	9.867,8	208,4	813.93	8.692,3	223,2	631.37	6.283,2	195,4	141.67	4.915,4	184,6	-316.03
		IV	9.672,4	220,7	223.27	8.539,5	230,6	68.77	6.316,4	205,0	-260.62	5.126,7	205,2	-616.80
		V	9.451,7	229,2	-187.62	8.371,8	236,1	-311.64	6.137,2	197,7	-540.98	4.731,2	192,8	-859.64
		VI	8.937,4	219,3	-479.34	7.369,2	208,3	-587.98	6.128,4	205,6	-749.04	4.615,7	187,5	-1.003.73
		VII	8.954,1	227,1	-693.64	7.309,8	215,5	-784.47	5.970,2	199,5	-909.77	4.597,3	192,4	-1.124.62
	3x3	III	7.066,4	200,5	434.11	6.007,4	192,5	293.18	5.028,8	180,3	78.28	4.340,4	191,7	-265.47
		IV	6.433,9	187,8	-86.09	5.685,6	181,8	-175.72	4.859,5	171,9	-323.62	3.874,5	166,5	-589.72
		V	6.266,3	180,2	-413.44	5.531,4	174,6	-485.49	4.847,7	179,8	-588.11	3.873,7	172,5	-796.34
		VI	6.122,1	187,4	-650.98	5.449,9	182,2	-702.33	4.798,3	185,2	-792.94	3.858,4	176,8	-959.76
		VII	5.958,8	192,0	-840.74	5.341,8	187,1	-873.57	4.610,0	178,3	-949.01	3.811,4	179,8	-1.088.21
Guataporá	3x2	II	9.561,0	177,9	1.833.44	7.768,0	166,8	1.344.19	6.030,8	164,6	236.46	4.270,5	147,8	-974.99
		III	8.780,3	163,4	195.41	7.747,3	180,3	-76.60	6.273,1	194,5	-741.61	4.423,6	170,7	-1.442.93
		IV	7.991,5	176,5	-702.88	7.230,4	188,0	-868.24	5.196,1	163,6	-1.343.58	4.149,5	154,8	-1.757.88
	3x3	II	6.728,4	165,6	1.617.70	5.364,8	155,4	1.168.13	4.754,2	163,8	581.91	3.792,4	145,1	-162.05
		III	5.841,1	149,8	-1.28	5.093,1	143,8	-206.51	4.414,5	154,4	-562.55	3.715,1	155,2	-989.56
		IV	5.681,6	163,2	-805.80	4.911,6	157,5	-936.74	4.154,8	148,1	-1.152.66	3.531,9	149,6	-1.434.19
Luiz Antônio	3x2	II	8.140,8	181,0	885.60	8.285,5	199,6	517.55	5.318,0	152,8	-175.42	4.285,6	142,5	-1.149.67
		III	7.859,9	159,0	-667.90	6.546,0	149,2	-954.04	5.434,4	152,8	-1.371.77	4.160,5	140,6	-1.917.04
		IV	7.578,0	165,5	-1.428.78	7.444,7	189,6	-1.556.37	5.285,4	154,2	-1.883.16	4.055,7	140,5	-2.259.64
		V	7.255,1	168,0	-1.865.75	6.190,2	159,2	-1.974.01	5.118,3	154,7	-2.200.63	3.974,1	140,4	-2.473.54
	3x3	II	5.207,1	122,0	316.53	4.674,3	118,2	132.17	3.287,0	101,3	-379.53	3.070,8	118,6	-1.103.08
		III	5.941,0	156,0	-1.066.26	5.086,1	132,4	-1.176.08	4.336,9	139,1	-1.465.04	3.683,9	145,0	-1.854.02
		IV	5.647,6	140,4	-1.679.41	5.091,0	151,1	-1.752.58	4.251,4	140,5	-1.928.86	3.540,8	141,3	-2.214.30
		V	5.380,3	145,0	-2.028.90	4.833,8	140,9	-2.087.63	4.113,7	140,2	-2.228.04	3.414,4	138,5	-2.436.97
		I	10988,1	246,9	6.207.10	9.124,1	234,4	5.544.18	6.567,0	204,1	3.937.27	4.475,6	165,7	1.900.76
Tamoio	3x2	II	9.209,3	212,7	2.201.49	7.764,2	203,1	1.830.98	5.571,8	177,5	842.93	4.725,5	178,0	-62.32
		III	7.962,9	189,6	285.12	6.579,8	178,7	-41.35	5.611,0	189,1	-483.37	4.409,6	182,1	-1.094.42
		IV	7.248,3	199,0	-754.48	6.272,4	151,2	-915.40	5.215,0	177,8	-1.180.91	5.215,3	172,6	-1.586.38
		I	7.183,7	200,0	4.142.95	6.255,7	193,2	3.782.32	4.768,9	175,1	2.822.40	3.673,5	154,4	1.724.60
3x3	II	5.763,7	168,5	821.98	5.016,8	162,5	590.40	4.167,0	154,8	189.02	3.585,6	154,8	-488.70	
	III	4.766,7	119,8	-689.37	4.623,1	144,9	-785.21	3.846,3	135,6	-1.063.76	3.413,8	156,7	-1.402.73	
	IV	4.557,5	152,8	-1.481.17	4.337,6	151,2	-1.513.36	3.772,2	156,7	-1.666.23	3.281,5	157,5	-1.874.92	

empresa mantém seus plantios. Em contrapartida, Luiz Antônio é a região que apresenta os menores lucros, sendo os retornos econômicos negativos para a maior parte dos plantios realizados nessa região. Esse fato justifica-se devido à baixa capacidade produtiva dos solos da região e do elevado preço da terra.

Ao comparar plantios com o mesmo nível de produtividade, a região de Altinópolis é a que tem o melhor desempenho econômico, principalmente porque o custo da terra nesse local é bem inferior ao das demais regiões, contribuindo para aumentar a rentabilidade do investimento. Por outro lado, a rentabilidade poderia ser

ainda maior se essa região estivesse mais próxima do centro consumidor.

Os plantios realizados no espaçamento 3x2 m apresentaram maior rentabilidade do que os plantios no espaçamento 3x3 m. A explicação é que apesar de o espaçamento 3x3 m ter maior volume de madeira por indivíduo, o espaçamento 3x2 m tem maior número de árvores (em média 50% a mais), o que compensa essa diferença, resultando em maior volume por hectare e, conseqüentemente, em maior lucratividade.

Quanto menor o diâmetro mínimo aproveitável do fuste, maior a lucratividade dos plantios. Isso era esperado, já que reduções no diâmetro mínimo proporcionam um aumento do aproveitamento do fuste, uma vez que elevam o número de toras a serem extraídas e, conseqüentemente, o volume de madeira produzida. Por exemplo, na Tabela 2, na região de Altinópolis, no espaçamento 3x2 e sítio III, adotando-se o diâmetro mínimo de 4 cm, obtêm-se 2.606,2 toras e 7,9 m³ a mais, por hectare, em relação à adoção do diâmetro mínimo de 8 cm. Assim, a lucratividade obtida para o diâmetro de 4 cm é US\$534.43/ha superior à do diâmetro de 8 cm.

Em alguns casos, reduzir o diâmetro mínimo de 8 cm para 6 cm é suficiente para que o VPL_∞ passe da condição de negativo para positivo, como ocorre na região de Altinópolis, espaçamento 3 x 2 m e sítio IV. Na região de Tamoio, considerando toras com 2,8 m de comprimento, no espaçamento 3x2 m e sítio I, o VPL_∞ aumenta de US\$2,004.66/ha para US\$6,090.46/ha quando o diâmetro mínimo passa de 10 cm para 4 cm.

Contudo, deve-se ressaltar que a lucratividade das situações onde o diâmetro mínimo aproveitável do fuste é pequeno pode estar superestimada, uma vez que nesta análise adotou-se um valor por m³ para o custo de colheita de toras de 2,8 metros de comprimento até um diâmetro mínimo de 8 cm (padrão da empresa), não sendo considerada, por exemplo, a possibilidade de aumento desse valor devido à diminuição do diâmetro mínimo. Segundo Silva et al. (1995), o custo de corte decresce com o aumento do diâmetro médio, do volume por hectare e com a idade do povoamento, sendo o diâmetro médio a principal variável a influenciar esse custo.

Para um mesmo diâmetro mínimo aproveitável, a tendência predominante foi de queda na lucratividade à medida que comprimento das toras passou de 2,5 para 2,8 m. Isso ocorre porque o volume do fuste de uma árvore está associado ao número de toras que se pode obter dela. Assim, ao seccionar o fuste em toras de menor

comprimento, obtém-se um melhor aproveitamento em termos volumétricos, contribuindo para aumentar o retorno financeiro. No caso da região de Guatapará, no espaçamento 3 x 2 m, sítio II e diâmetro mínimo de 4 cm, cortar o fuste em toras com 2,5 m significa um retorno econômico 5,31% superior àquele que se obteria caso o fuste fosse cortado em toras de 2,8 m de comprimento. Já o ganho volumétrico proporcionado por essa redução no comprimento das toras é de 2,10m³/ha.

Combinando reduções no diâmetro mínimo aproveitável do fuste com reduções no comprimento das toras em que o fuste é seccionado, consegue-se aumentar bastante a lucratividade dos plantios. Por exemplo, na região de Tamoio, no espaçamento 3x2 m e sítio I, para toras com 2,8 m de comprimento e diâmetro mínimo de 10 cm, obtém-se um VPL_∞ de US\$ 2,004.66. Reduzindo-se o comprimento das toras e o diâmetro mínimo para 2,5 m e 4 cm, respectivamente, o VPL_∞ passa para US\$6,207.10

Vale ressaltar que as análises econômicas não consideraram qualquer alteração nos custos de traçamento, carregamento e empilhamento das toras de diferentes dimensões pela inexistência dessa informação no momento em que este estudo foi realizado.

As análises a seguir se referem apenas a toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável do fuste igual a 4 cm.

Observam-se, na Tabela 4, os efeitos da taxa de desconto para as diversas situações analisadas. A correta determinação da taxa de desconto a ser utilizada nos empreendimentos florestais é de extrema importância para a garantia da viabilidade econômica destes projetos. Nota-se que, se a taxa de desconto vigente for 12% ao ano, apenas os plantios em locais com elevada produtividade garantiria a viabilidade econômica do empreendimento. No entanto, como comentado anteriormente, o percentual dessas áreas é muito pequeno em relação ao total de área plantada. Assim, poucos projetos apresentaram viabilidade econômica.

Por características do setor florestal, já bem conhecidas, os projetos são muito sensíveis às variações na taxa de desconto, como se observa na Tabela 4. Na região de Guatapará, espaçamento 3x2 m e classe de sítio II, o VPL_∞ passa de US\$ 1,833 44/ha para US\$ -654.33/ha às taxas de 6% e 12% ao ano, respectivamente.

Mesmo que a taxa vigente fosse de 3% ao ano, plantios nos sítios de menor produtividade da região de Luiz Antônio ainda apresentariam retornos negativos, como é o caso da classe de sítio V, no espaçamento 3x3 m, em

Tabela 4 – Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) para diversas regiões, condições de sítio e taxas de desconto em dois espaçamentos.**Table 4** – Net Present Worth (VPL_{∞}) for several regions, site index, discount rates and two spacings.

Região	Sítio	VPL_{∞} (US\$/ha) para o espaçamento 3x2 m				VPL_{∞} (US\$/ha) para o espaçamento 3x3 m			
		3%	6%	9%	12%	3%	6%	9%	12%
Altinópolis	III	3,354.81	813.93	-11.56	-415.86	2,506.05	434.11	-243.01	-558.00
	IV	2,199.12	223.27	-418.81	-728.16	1,485.15	-86.09	-576.65	-805.70
	V	1,407.31	-187.62	-682.73	-917.10	797.39	-413.44	-786.34	-962.57
	VI	813.93	-479.34	-877.17	-1,054.78	296.80	-650.98	-948.75	-1,078.56
	VII	379.32	-693.64	-1,104.64	-1,151.61	-72.59	-840.74	-1,066.07	-1,159.81
Guatapar	II	6,849.75	1,833.44	170.53	-654.33	6,324.52	1,617.70	57.53	-716.26
	III	3,573.40	195.41	-911.32	-1,457.37	3,066.88	-1.28	-1,009.59	-1,506.88
	IV	1,867.91	-702.88	-1,531.94	-1,918.07	1,524.63	-805.80	-1,567.95	-1,938.61
Luiz Antnio	II	4,776.67	885.60	-403.78	-1,042.96	3,512.51	316.53	-742.11	-1,266.60
	III	1,625.81	-667.90	-1,422.46	-1,794.07	781.26	-1,066.26	-1,567.95	-1,945.51
	IV	179.00	-1,428.78	-1,940.83	-2,188.77	-435.34	-1,679.41	-2,081.74	-2,269.60
	V	-698.55	-1,865.75	-2,228.91	-2,395.33	-1,171.94	-2,028.90	-2,302.28	-2,430.28
Tamoio	I	15,682.26	6,209.14	3,057.48	1,488.91	11,358.15	4,142.95	1,744.95	551.03
	II	7,619.45	2,201.49	405.24	-485.89	4,660.42	821.98	-449.93	-1,080.43
	III	3,736.74	285.12	-854.99	-1,417.56	1,591.12	-689.37	-1,441.67	-1,812.16
	IV	1,717.88	-754.48	-1,550.86	-1,930.08	44.95	-1,481.17	-1,978.73	-2,212.80

que o prejuízo  de US\$ 1,171.94/ha. Todavia, a taxa de desconto não é um fator que pode ser modificado ou escolhido, de forma a alcançar o máximo retorno do capital investido, e sim trabalha-se com taxas vigentes no mercado. Portanto, é extremamente conveniente que alguns plantios sejam revistos, mesmo que locais mais produtivos compensem os de menor produtividade.

Apresentam-se na Tabela 5, as possibilidades de ganhos financeiros caso a empresa reduza o custo de transporte, assim como mostra as possíveis perdas caso esse fator aumente. Na caso de aumento do custo de transporte, as regiões mais afetadas são aquelas mais distantes da fábrica e com menor produtividade, como alguns plantios da região de Altinópolis. Por exemplo, a perda econômica caso esse custo aumente 15% será de US\$ 296.25/ha para o sítio III no espaçamento 3x2 m, enquanto para essa mesma condio, na região de Guatapar, a perda será de apenas US\$ 91.94/ha.

Nota-se que na região de Luiz Antônio, os sítios III, IV e V não se tornam viáveis economicamente mesmo

se o custo de transporte cair 15%. Esses fatos refletem a importância que o custo de transporte possui na rentabilidade dos projetos florestais, assim como os demais custos discutidos anteriormente.

Na Tabela 6 são apresentadas simulaes de mudanças no preço de venda da madeira para celulose. Pequenas alteraes, como a reduo de 10%, alteraram a lucratividade de muitos plantios, principalmente em sítios mais produtivos. Por exemplo, na região de Tamoio, para o espaçamento 3x2 m, no sítio I, a rentabilidade passa de US\$6,207.14/ha para US\$4,173.29/ha. Já uma reduo de 20% no preço da madeira inviabilizaria economicamente a atividade em quase todas as situaes analisadas. Apenas no sítio I da região de Tamoio consegue-se obter viabilidade econômica dos plantios realizados nessas condies.

Para a região de Luiz Antônio, aumentar o preço da madeira em 40% não foi suficiente para que os projetos no sítio V fossem viabilizados economicamente. Por exemplo, no espaçamento 3x2 m, o retorno que era de R\$-1,865.75/ha passa para US\$ - 243.39/ha.

Tabela 5 – Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) para diversas regiões e condições de sítio em dois espaçamentos, considerando alterações no custo de transporte.

Table 5 – Net Present Worth (VPL_{∞}) for several regions and site index and two spacings, considering changes in transportation cost.

Região	Espaçamento (m)	Sítio (m)	VPL_{∞} (US\$/ha) ¹							
			-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	
Altinópolis	3x2	III	1,110.18	1,011.43	912.68	813.93	715.18	616.43	517.68	
		IV	444.38	370.68	296.97	223.27	149.57	75.87	2.17	
		V	-8.22	-68.76	-129.31	-187.62	-245.09	-302.57	-360.04	
		VI	-334.10	-382.51	-430.93	-479.34	-527.75	-576.17	-624.58	
		VII	-574.38	-614.13	-653.88	-693.64	-733.39	-773.15	-812.90	
		III	690.95	592.00	513.06	434.11	355.16	276.21	197.26	
		IV	102.05	39.34	-23.38	-86.09	-147.01	-206.12	-265.22	
	3x3	V	-257.95	-309.78	-361.61	-413.44	-465.27	-517.10	-568.93	
		VI	-526.86	-568.20	-609.61	-650.98	-692.35	-733.72	-775.09	
		VII	-738.32	-773.48	-807.13	-840.74	-874.34	-907.95	-941.56	
		3x2	II	1,962.44	1,919.44	1,876.44	1,833.44	1,790.44	1,747.44	1,704.45
			III	287.35	256.71	226.06	195.41	164.76	134.11	103.46
			IV	-636.19	-658.42	-680.65	-702.88	-725.12	-747.35	-769.58
		3x3	II	1,737.78	1,697.75	1,657.73	1,617.70	1,577.68	1,537.65	1,497.63
III	83.01		54.91	26.81	-1.28	-29.38	-57.48	-85.57		
IV	-744.12		-764.68	-785.24	-805.80	-826.35	-846.91	-867.47		
Luiz Antônio	3x2	II	1,192.00	1,089.86	987.73	885.60	783.47	681.33	579.19	
		III	-459.02	-528.65	-598.28	-667.90	-737.53	-807.15	-876.78	
		IV	-1,282.77	-1,331.44	-1,380.11	-1,428.78	-1,477.45	-1,526.13	-1,574.79	
	V	-1,757.48	-1,793.57	-1,829.66	-1,865.75	-1,901.84	-1,937.92	-1,974.01		
	3x3	II	582.64	493.94	405.24	316.53	227.82	139.12	50.42	
III		-900.64	-955.85	-1,011.05	-1,066.26	-1,121.46	-1,176.67	-1,231.88		
IV		-1,563.06	-1,601.84	-1,640.63	-1,679.41	-1,718.19	-1,756.98	-1,795.75		
V		-1,935.46	-1,966.58	-1,997.75	-2,028.92	-2,060.04	-2,091.21	-2,122.33		
Tamoio	3x2	I	6,732.06	6,557.09	6,382.11	6,207.14	6,032.16	5,857.19	5,682.21	
		II	2,530.59	2,420.89	2,311.19	2,201.49	2,091.79	1,982.09	1,872.39	
		III	512.78	436.89	361.01	285.12	209.24	133.35	57.47	
		IV	-594.01	-647.50	-700.99	-754.48	-807.97	-861.46	-914.95	
	3x3	I	4,568.17	4,426.43	4,284.69	4,142.95	4,001.22	3,859.48	3,717.74	
		II	1,082.69	995.78	908.88	821.98	735.07	648.17	561.27	
		III	-511.54	-570.82	-630.10	-689.37	-748.64	-807.92	-867.20	
		IV	-1,357.96	-1,399.03	-1,440.10	-1,481.17	-1,522.25	-1,563.32	-1,604.39	

Em que:

¹Considerou-se taxa de desconto de 6% a.a., toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável igual a 4 centímetros.

Tabela 6 – Valor Presente Líquido infinito (VPL_{∞}) para diversas regiões e condições de sítio em dois espaçamentos, considerando alterações no preço da madeira.

Table 6 – Net Present Worth (VPL_{∞}) for several regions and site index and two spacings, considering changes in wood price.

Região	Espaçamento (m)	Sítio (m)	VPL_{∞} (US\$/ha) ¹							
			-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	
Altinópolis	3x2	III	-633.96	60.09	813.93	1,597.45	2,380.97	3,164.49	3,948.01	
		IV	-907.85	-361.51	223.27	08.06	1,392.84	1,977.63	2,583.64	
		V	-1,091.61	-643.65	-187.62	290.54	770.94	1,251.34	1,740.09	
		VI	-1,221.99	-856.68	-479.34	-95.20	305.00	706.10	1,107.22	
		VII	-1,321.44	-1,009.05	-693.64	-373.10	-30.83	311.44	653.71	
		III	-808.50	-192.32	434.11	1,061.27	1,729.37	2,420.01	3,124.82	
		IV	-1,025.88	-556.89	-86.09	411.52	925.70	1,452.47	1,979.22	
	3x3	V	-1,168.70	-802.78	-413.44	-2.19	409.05	820.30	1,237.81	
		VI	-1,279.58	-979.24	-650.98	-322.72	11.87	354.48	697.10	
		VII	-1,363.03	-1,107.40	-840.74	-564.88	-274.08	17.56	309.21	
		3x2	II	-299.52	766.96	1,833.44	2,899.92	3,966.40	5,032.88	6,099.37
			III	-1,269.35	-561.02	195.41	955.58	1,715.76	2,475.93	3,236.11
			IV	-1,762.40	-1,245.18	-702.88	-151.44	424.71	1,011.23	1,597.73
		3x3	II	-367.79	624.96	1,617.70	2,610.45	3,603.19	4,595.93	5,588.68
III	-1,351.26		-698.19	-1.28	695.62	1,392.53	2,089.43	2,786.34		
IV	-1,825.58		-1,315.69	-805.80	-295.91	213.98	723.87	1,238.73		
Luiz Antônio	3x2	II	-1,196.39	-199.47	885.60	1,970.66	3,055.73	4,140.79	5,250.52	
		III	-2,038.08	-1,390.82	-667.90	71.80	811.51	1,551.22	2,290.92	
		IV	-2,386.63	-1,919.87	-1,428.78	-911.71	-394.63	122.44	639.52	
	3x3	V	-2,597.57	-2,238.64	-1,865.75	-1,470.72	-1,061.62	-652.51	-243.39	
		II	-1,560.51	-625.86	316.53	1,258.92	2,201.30	3,143.69	4,086.08	
Tamoio	3x2	III	-2,211.13	-1,652.77	-1,066.26	-465.34	163.64	792.62	1,421.60	
		IV	-2,489.00	-2,091.43	-1,679.41	-1,267.39	-841.05	-402.40	55.05	
		V	-2,661.10	-2,359.81	-2,028.90	-1,697.99	-1,367.07	-1,036.16	-703.86	
		I	2,139.43	4,173.29	6,207.14	8,240.99	10,274.84	12,308.70	14,342.55	
3x3	II	-348.71	926.39	2,201.49	3,476.59	4,751.69	6,073.40	7,446.60		
	III	-1,461.44	-596.94	285.49	1,167.19	2,049.25	2,931.32	3,813.38		
	IV	-1,991.86	-1,376.22	-754.48	-110.78	554.68	1,220.15	1,885.61		
	I	847.93	2,495.44	4,142.95	5,790.47	7,437.98	9,085.49	10,733.00		
3x2	II	-1,198.28	-188.15	821.98	1,832.10	2,842.23	3,853.13	4,946.25		
	III	-2,062.39	-1,378.37	-689.37	-0.37	688.62	1,377.62	2,066.61		
3x3	IV	-2,403.59	-1,958.57	-1,481.17	-1,003.78	-496.99	16.58	530.16		

Em que:

¹Considerou-se taxa de desconto de 6% a.a., toras com 2,5 metros de comprimento e diâmetro mínimo aproveitável igual a 4 centímetros.

4 CONCLUSÕES

A região de Tamoio é a única que tem plantios na classe de sítio I e são eles que geram o maior lucro para a empresa.

Reduzir o diâmetro mínimo aproveitável do fuste e o comprimento das toras em que o mesmo é seccionado é uma boa estratégia para aumentar o aproveitamento de madeira e o lucro. Mas antes de qualquer tomada de decisão, é necessário realizar novos estudos para detectar possíveis restrições técnicas associadas a tais mudanças, bem como avaliar o impacto dessas mudanças sobre os custos de colheita e transporte de madeira, já que eles têm efeito direto sobre a lucratividade da atividade florestal.

A atividade florestal só gera lucro se as taxas de juros forem baixas, sendo que apenas os plantios da região de Tamoio, situados na classe de sítio I, são lucrativos para taxas de juros iguais ou pouco superiores a 12% ao ano.

Os plantios situados em terras pouco produtivas são inviáveis economicamente.

O custo de transporte tem efeito significativo na lucratividade da atividade florestal, devendo ser analisado com cuidado no momento de definir regiões com potencial para novos plantios da empresa.

Pequenas mudanças no preço de venda da madeira provocam grandes alterações na lucratividade da atividade florestal, sugerindo que a melhoria da qualidade da madeira, juntamente com outras medidas que visem aumentar o preço desse produto, são alternativas que podem viabilizar o plantio em áreas pouco produtivas e aumentar o lucro dos plantios das áreas mais produtivas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFARO, L. G. G. **Localização econômica dos reflorestamentos com eucaliptos, para a produção de carvão vegetal, no Estado de Minas Gerais**. 1985. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1985.

ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos**. 1997. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

HOSOKAWA, R. T.; MENDES, J. B. Planejamento florestal: técnicas para a manutenção da contribuição do setor florestal à economia nacional. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1/2, p. 4-7, 1984.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Problemas com o horizonte de planejamento na avaliação de projetos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 127-134, 2000.

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

SILVA, M. L.; MACHADO, C. C.; LADEIRA, H. P. Influência do custo de corte, do diâmetro da árvore e do volume por hectare na rotação econômica de povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 501-516, 1995.