

Análise da rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras: o caso do Estado de São Paulo¹

José Arimatéia Rabelo Machado^I; Carlos José Caetano Bacha^{II}

^IPesquisador Científico do Instituto Florestal, Caixa Postal 372, Cep 17001-970 Bauru, SP, Brasil

^{II}Professor da ESALQ / USP, Avenida Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9, Cep 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil

RESUMO

No presente trabalho, analisou-se a rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras destinados à produção de toras, considerando como caso em estudo o Estado de São Paulo. Na revisão de literatura, constatou-se que poucos são os trabalhos publicados a respeito do reflorestamento com essências nativas e com um longo período de observação. Dentre esses trabalhos, destacou-se um, no qual os autores recomendaram três espécies florestais como viáveis para reflorestamentos comerciais: *Centrolobium tomentosum* (araruva), *Balfourodendron riedelianum* (pau-marfim) e *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro). Após recuperar as informações técnicas dos experimentos com essas essências nativas, realizou-se a análise de rentabilidade econômica de possíveis projetos, em condições deterministas e de risco. Concluiu-se que, do ponto de vista privado, os projetos de reflorestamento com essas essências nativas são viáveis economicamente. Diante desse cenário, sugerem-se novas linhas de pesquisa técnica capazes de gerar resultados que assegurem maior confiabilidade e ampliação na rentabilidade dos projetos de reflorestamento com essências nativas brasileiras.

Palavras-chave: essências nativas brasileiras, rentabilidade e reflorestamento.

1. Introdução

O objetivo deste trabalho foi analisar a rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras destinados à produção de toras a serem utilizadas na indústria de desdobro mecânico destas. Para tanto, tomou-se como caso em estudo o Estado de São Paulo. A escolha desse estado para análise deveu-se ao fato de seu Instituto Florestal dispor de experimentos bem-sucedidos com esse propósito e a respeito dos quais há disponibilidade de informações para análise econômica.

Os programas públicos e privados de desenvolvimento do setor florestal, implementados no Brasil, voltaram-se, principalmente, para o estabelecimento de plantios homogêneos com essências exóticas (notadamente de eucalipto e pinus) para produção de madeira roliça² e, em menor escala, ao plantio heterogêneo com essências nativas, visando ao reflorestamento para fins conservacionistas (principalmente através da recuperação de matas ciliares). Pouca ênfase foi dada, até o presente momento, aos reflorestamentos com essências nativas voltados para a produção de madeira. No entanto, a realização desse tipo de reflorestamento poderia atender a certos nichos de mercado que hoje são abastecidos através da exploração não-sustentável de florestas naturais.

Há, atualmente, alguns experimentos já conclusivos sobre a viabilidade técnica dos reflorestamentos com essências nativas para fins produtivos. Gurgel Filho et al. (1978), amparados em nove projetos de pesquisa, analisaram, por mais de duas décadas, as características silviculturais e biométricas do crescimento de essências nativas da Zona Temperada, sob povoamentos puros, na região nordeste do Estado de São Paulo. Das nove espécies pesquisadas, esses autores concluíram que as maiores viabilidades econômicas – presente a exigência natural de fuste (isto é, da parte comercial do tronco) – fixavam-se no araribá-amarelo ou araruva (*Centrolobium tomentosum*), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) e pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*), com resultados promissores quanto maiores fossem a fertilidade do solo e a adaptabilidade ao meio ecológico. Além disso, os altos quocientes de forma e baixos percentuais de casca (fator casca) dessas espécies contribuíram ainda mais para corroborar tal conclusão.

Posteriormente, Gurgel Filho et al. (1982) apresentaram os resultados do crescimento em altura e DAP (diâmetro à altura do peito), por mais de 20 anos, de outras sete espécies nativas. Os ensaios também foram estabelecidos na região nordeste do Estado de São Paulo, no Município de Santa Rita do Passa Quatro. As espécies foram classificadas em estratos, segundo o crescimento em altura, e, dentre elas, destacaram-se: anda-açu (*Joannesia princeps*), angico-do-cerrado (*Piptadenia macrocarpa*) e cedro (*Cedrela fissilis*). Em outras três espécies,

constatou-se a necessidade de práticas da derrama artificial para definição do fuste. Apesar de não ter sido feita nenhuma consideração a respeito da viabilidade econômica dos reflorestamentos puros com essas espécies, se fossem adotados os mesmos critérios do trabalho de Gurgel Filho et al. (1978), seriam recomendadas as três essências destacadas.

Na região sudoeste do Estado de São Paulo, no Município de Assis, Garrido et al. (1990) estudaram, durante quase 20 anos, as características silviculturais de cinco espécies nativas plantadas em povoamentos puros e mistos. Baseados nos resultados obtidos e em outros estudos, os referidos autores recomendaram o angico (*Anadenanthera falcata*) como uma espécie de alta potencialidade para reflorestamentos, visando à produção de madeira para moirões de cerca e postes para transmissão de energia. Neste estudo, determinou-se, pela primeira vez, a relação entre cerne e alburno da madeira dessas espécies, o que possibilitou a recomendação de saguaragi (*Colubrina glandulosa*) e cambará (*Gochnatia polymorpha*) para reflorestamentos visando à obtenção de moirões, já que os diâmetros dos cernes são adequados para esse fim.

Vários outros trabalhos foram publicados a respeito do reflorestamento com essências nativas, mas nenhum deles com um período de observação tão longo quanto os anteriormente citados e no Estado de São Paulo. Entretanto, nos trabalhos publicados não se preocupou em analisar os retornos econômicos dos possíveis projetos de reflorestamento com as essências nativas consideradas aptas para o reflorestamento comercial.

Já as essências exóticas pinus e eucalipto tiveram tratamento diferente, pois estas, ao contrário das nativas, eram consideradas tecnicamente aptas para reflorestamentos comerciais. Assim, a partir do programa de incentivo fiscal ao reflorestamento, instituído em meados da década de 60, vários estudos econômicos sobre o reflorestamento com essas exóticas foram realizados (Capp Filho, 1976; Berger, 1979; Veiga Filho e Veiga, 1994).

2. Metodologia e Fonte de Dados

No [Quadro 1](#), encontra-se um resumo dos experimentos já consolidados a respeito de plantios homogêneos com espécies nativas no Estado de São Paulo para fins produtivos.

Quadro 1 – Essências nativas aptas para o reflorestamento comercial no Estado de São Paulo

Nome Científico (nome vulgar)	Local	Finalidade	Tipo de Solo	Fonte
Anda-açu (<i>Joannesia princeps</i>)	Santa Rita do Passa Quatro	Serraria	LVA/LVE	Gurgel Filho et al. (1982)
Angico (<i>Piptadenia macrocarpa</i>)	Santa Rita do Passa Quatro	Poste/moirão	LVA/LVE	
Cedro (<i>Cedrella fissilis</i>)	Santa Rita do Passa Quatro	Serraria	LVA/LVE	
Araruva (<i>Centrolobium tomentosum</i>)	Santa Rita do Passa Quatro	Serraria	LVA/LVE	Gurgel Filho et al. (1978)
Pau-marfim (<i>Balfourodendron riedelianum</i>)	Santa Rita do Passa Quatro	Serraria	LVA/LVE	
Pinheiro-brasileiro (<i>Araucaria angustifolia</i>)	Santa Rita do Passa Quatro	Serraria	LVA/LVE	
Angico (<i>Piptadenia macrocarpa</i>)	Assis	Poste/moirão	LVE distr.	Garrido et al. (1990)
Cambará (<i>Moquinia polymorpha</i>)	Assis	Poste/moirão	LVE distr.	
Saguaragi (<i>Colubrina rufa</i>)	Assis	Poste/moirão	LVE distr.	

Fonte: Machado (2000).

Dentre os experimentos considerados no [Quadro 1](#), somente aqueles citados por Gurgel Filho et al. (1978) foram selecionados como possíveis projetos técnicos de reflorestamento com nativas. Isso porque os experimentos com as espécies selecionadas por esses autores carecem de maiores informações, necessárias para a análise econômica. No entanto, o trabalho de Garrido et al. (1990) foi descartado, porque utiliza espécies aptas para a produção de moirões e postes, enquanto fez parte do objetivo deste trabalho analisar os reflorestamentos destinados à produção de toras.

2.1. As espécies selecionadas

Pela classificação de Carvalho (1994), o pinheiro-brasileiro é considerado uma espécie madeireira promissora. De acordo com Lorenzi (1992), esta espécie possui madeira leve (densidade de 0,55 g/cm³), macia e pouco durável quando exposta ao tempo. A madeira é própria para forros, molduras, ripas, confecção de cabos de vassoura, caixotaria, brinquedos, estrutura de móveis, palitos de fósforos, pás de sorvete, lápis, carretéis, utensílios domésticos etc. (Lorenzi, 1992). Carvalho (1994) classificou a madeira do pinheiro-brasileiro como de alta qualidade para construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos.

O araribá-amarelo, ou araruva, também é uma espécie madeireira promissora (Carvalho, 1994). Segundo Lorenzi (1992), essa árvore possui madeira moderadamente pesada (0,75 g/cm³), com cerne muito decorativo e fibras revessas, porém dócil ao cepilho e à serra; é flexível, um tanto dura e de longa durabilidade natural mesmo em condições adversas. A madeira é própria para construção naval, obras hidráulicas internas e externas, dormentes, confecção de portas, canoas, carroçaria, para marcenaria e carpintaria em geral. Para

Carvalho (1994), a madeira também pode ser usada para fazer tacos, móveis finos, torneados, lambris, postes, moirões, esteios, vigamentos para pontes, cercas, hélices de pequenos aviões e tanoaria.

Já a madeira do pau-marfim é considerada de grande potencial para consumo (Carvalho, 1994). De acordo com Lorenzi (1992), possui madeira moderadamente pesada (0,84 g/cm³), dura, medianamente resistente, grã-irregular à revessa, textura fina e de baixa resistência ao apodrecimento e ao ataque de insetos. A madeira é indicada para o fabrico de móveis de luxo, molduras, guarnições internas, portas, artefatos domésticos, peças torneadas, laminados decorativos para construção civil, fôrma para calçados, tacos de bilhar, cabos de ferramentas, régua, carpintaria e marcenaria em geral.

2.2. Ciclo da cultura, fluxo de caixa e métodos de análise da rentabilidade econômica

Com relação às três espécies selecionadas, considerou-se um ciclo de 25 anos para obtenção de madeira em equivalente tora no corte final. Nos anos intermediários foram realizados desbastes, que geraram como subprodutos: lenha, repiques e moirões. No pinheiro-brasileiro, pau-marfim e araruva foram realizados quatro, cinco e seis desbastes, respectivamente. Porém, as receitas obtidas desses cortes intermediários foram muito pequenas se comparadas às dos cortes finais.

Foram considerados, no entanto, como despesas de investimento os gastos com bens de capital – a compra da terra para os projetos com final 1 e 4 – e as despesas cujos valores se incorporaram à terra na implantação do projeto: mudas, formicida em pó, isca granulada e gastos com serviços de terceiros (aração, gradeação, coveamento, plantio e combate inicial à formiga) para formação do reflorestamento. Como despesas operacionais foram considerados: formicida em pó, isca granulada e contratação de serviços de terceiros para trilhação, limpeza de aceiros e combate à formiga. As maiores despesas operacionais anuais ocorreram até o 3º ano. A partir do 4º ano até o 25º ano, as despesas foram mínimas.

Para efeito de análise, consideraram-se como alternativas para composição dos fluxos de caixa: a compra de mudas por parte do fazendeiro ou a doação de mudas por parte do governo; a compra de terra por parte do fazendeiro ou seu arrendamento; ou simplesmente a exclusão do custo da terra. Para assim proceder, os projetos foram identificados com as letras A, P e M, referindo-se, respectivamente, às espécies araruva, pinheiro-brasileiro e pau-marfim. Junto com cada letra, encontram-se números de 1 a 6. No caso de aquisição das mudas, os números são 1, 2 e 3; mas, se o governo decidir doar as mudas – caso de um programa de incentivo ao plantio –, esses são 4, 5 ou 6. Além disso, considerou-se a possibilidade de incluir no fluxo de caixa a compra da terra (1 ou 4) e o arrendamento da terra (2 ou 5) ou não incluir o custo referente à terra (3 ou 6). Portanto,

foram 18 os projetos de reflorestamento analisados (esses projetos estão identificados no [Quadro 2](#)).

Projeto	Investimento		Receita		Custo	
	Valor	Tempo	Valor	Tempo	Valor	Tempo
Projeto 1	100	1	100	1	100	1
Projeto 2	200	2	200	2	200	2
Projeto 3	300	3	300	3	300	3
Projeto 4	400	4	400	4	400	4
Projeto 5	500	5	500	5	500	5

Quadro 2 - Clique para ampliar

Dentre os métodos de análise mais utilizados, a taxa interna de retorno (TIR) é a mais comum, porque a interpretação de seu valor é mais fácil e cômoda para os empresários. A TIR é o valor da taxa de desconto que torna o valor presente do fluxo líquido de caixa igual a zero (Noronha, 1987). Este valor será único quando os investimentos forem puros; caso contrário, há a possibilidade de ocorrência de múltiplas TIR para um mesmo fluxo de caixa. A escolha de um projeto como economicamente viável ocorre se o valor da TIR for superior ao custo de oportunidade do capital. A TIR é definida por:

$$TIR = r, \text{ tal que } \sum_{i=1}^N \left[\frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} \right] = 0$$

Conforme Noronha (1987), a TIR apresenta duas principais vantagens. A primeira é que ela é calculada internamente a partir do fluxo de caixa do projeto, não sendo necessário supor, a priori, a taxa que mede o custo de oportunidade do capital. A segunda é que ela pode ser comparada diretamente com o custo do capital ou com as alternativas de aplicação no mercado financeiro.

De acordo com Azevedo Filho (1995), em condições estritamente deterministas, o mais consistente dos indicadores de avaliação de projetos é o valor atual dos fluxos de rendimentos líquidos de um projeto (VA). O VA é obtido da seguinte forma:

$$VA = \sum_{i=0}^N \left[\frac{(B_i - C_i)}{(1+j)^i} \right]$$

O descarte de um projeto através do VA se dá quando o mesmo é menor do que zero. Conclui-se, dessa fórmula, que, independentemente da capacidade de pagamento da empresa, o mesmo projeto se torna menos atrativo quanto maior for o custo do capital (taxa de desconto). Conforme Faro (1972), a ordenação global de vários projetos de investimento depende da taxa de juros considerada, ou seja, taxas de juros diferentes

alteram o valor atual de cada projeto e, por consequência, a ordenação dos projetos de investimento.

Além dos indicadores comentados anteriormente, Rodriguez et al. (1997) ressaltaram que a análise da viabilidade econômica de projetos de reflorestamento pode ser feita usando a fórmula de Faustmann (que surgiu em 1849) ou valor esperado da terra (VET). Nesse caso, esse indicador é apropriado para os projetos, cujos ciclos de produção se perpetuam. Assim, um projeto será considerado viável se o VET for superior ao custo de aquisição da terra (CAT). Quanto maior for a relação VET/CAT, mais atrativo será o projeto. Conforme Clutter et al. (1983), o VET pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$VET = RLt / \left[(1 + j)^t - 1 \right]$$

em que VET é o valor esperado da terra; RLt é a receita líquida capitalizada no momento final de cada ciclo de produção, t é a duração de cada ciclo de produção e j é a taxa que mede o custo de oportunidade do capital.

2.3. Análise determinista, criação de cenários e simulação de Monte Carlo

O atual trabalho analisa a rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas para fins madeireiros em duas condições: o determinismo e a incorporação do risco. No determinismo, pressupõe-se 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 este representado por distribuições de probabilidade da sua ocorrência.

No presente caso, as variáveis da análise determinista foram definidas a partir da recuperação dos coeficientes técnicos dos experimentos, de informações técnicas complementares e do levantamento de preços de insumos e produtos para o mês de março de 1999.

Diante das informações disponíveis sobre produtividade, preços de produtos e custos de produção, considerou-se relevante analisar as mudanças nas estimativas deterministas decorrentes de possíveis alterações nas variáveis. Para isso, foram construídos os seguintes cenários:

- Cenário otimista 1 (CO1): aumento da produtividade em razão do melhoramento florestal e do ordenamento florestal racional e adequado
- Cenário otimista 2 (CO2): aumento do preço da tora em razão da obtenção da certificação ambiental
- Cenário otimista 3 (CO3): diminuição do preço da tora em razão da utilização de outras áreas – diferentes da utilizada nos

experimentos considerados – com preços menores, sem prejuízo da produtividade

- Cenário otimista 4 (CO4): redução do custo de implantação em razão do aperfeiçoamento da tecnologia de produção de mudas.
- Cenário pessimista 1 (CP1): um dos aspectos que influenciam o preço da madeira é o frete incorporado a este. Neste trabalho, considerou-se o transporte rodoviário da região de Sinop, MT, até Santa Rita do Passa Quatro, SP, para se chegar ao preço da tora. No entanto, pressupondo a utilização de outras modalidades de transporte, pressupõe-se, também, a redução do preço da tora em razão da redução do frete.
- Cenário pessimista 2 (CP2): redução do preço da tora pela qualidade inferior da madeira em razão do material genético disponível.

A análise de risco pelo método de Monte Carlo foi realizada com o auxílio do software ALEAXPRJ³, que permite a análise de problemas complexos que envolvem variáveis aleatórias numa análise em condição de risco. Segundo Takitane (1988), "uma das contribuições do software é o conhecimento das condições de unicidades em projetos que usualmente seriam tidos como possuidores de múltiplas taxas de retorno".

Na ausência de maiores informações sobre as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias, utilizou-se a distribuição triangular. Esta permite uma boa flexibilidade quanto ao grau de assimetria, permitindo uma característica positiva para estimação subjetiva da distribuição. A distribuição triangular é definida pelo valor mais provável, a moda (m), e pelos valores mínimo (a) e máximo (b) assumidos pela variávelx. No presente caso, considerou-se a moda igual ao valor médio. A probabilidade é definida por $\text{Prob}\{a \leq x \leq b\} = 1$.

As variáveis consideradas como de risco foram as seguintes: preço de lenha, preço de moirão, preço de tora, produção de lenha, produção de moirão, produção de tora, custo de implantação, custo de manutenção, preço de terra nua para reflorestamento e valor de arrendamento.

Em razão da ausência de dados específicos para cada espécie, as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias foram estimadas com base nas informações disponíveis sobre outras espécies. Dessa forma, foram feitas as seguintes pressuposições:

- As variáveis preço da lenha e preço do moirão foram baseadas nos valores praticados para a cultura do eucalipto no Estado de São Paulo.
- Os valores mínimo e máximo da variável preço da tora foram baseados nas variações observadas nos preços de toras de

matas nativas no Estado do Pará (1974 a 1999), e o valor médio foi baseado na estimativa média da análise determinista;

- Os valores médios das variáveis produção de lenha, produção de moirão, produção de tora, custo de implantação e custo de manutenção foram os mesmos da análise determinista. Já os valores mínimo e máximo basearam-se nas variações observadas na cultura do eucalipto e nos possíveis cenários.
- As variáveis preço da terra nua para reflorestamento e valor do arrendamento basearam-se nos valores calculados para o Estado de São Paulo (1974 a 1999) pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA).

3. Resultados e Discussão

No presente item, apresentam-se os resultados da análise determinista (subitem 3.1.), da criação de cenários (subitem 3.2.) e da simulação de Monte Carlo (subitem 3.3.) para os projetos identificados no [Quadro 2](#).

3.1. Resultados da análise determinista

Na [Tabela 1](#) são apresentados os valores atuais dos projetos identificados no [Quadro 2](#) em relação às várias alternativas de custo de oportunidade do capital⁴ (de 6% a 20% ao ano). Para esse indicador, os projetos que apresentam valores negativos são descartados. Realmente, pode-se constatar que o VA é sensível à mudança na taxa de juros tanto na seleção quanto na ordenação dos projetos.

Tabela 1 - Valores atuais (VA) dos projetos de reflorestamento em Arica, considerando o custo de oportunidade do capital variando de 6% a 20% ao ano. (VA = Valor Atual)

Projeto	6%	8%	10%	12%	14%	16%	18%	20%
A	1.200	1.150	1.100	1.050	1.000	950	900	850
B	1.100	1.050	1.000	950	900	850	800	750
C	1.000	950	900	850	800	750	700	650
D	900	850	800	750	700	650	600	550
E	800	750	700	650	600	550	500	450
F	700	650	600	550	500	450	400	350
G	600	550	500	450	400	350	300	250
H	500	450	400	350	300	250	200	150
I	400	350	300	250	200	150	100	50
J	300	250	200	150	100	50	0	-50
K	200	150	100	50	0	-50	-100	-150
L	100	50	0	-50	-100	-150	-200	-250
M	0	-50	-100	-150	-200	-250	-300	-350
N	-50	-100	-150	-200	-250	-300	-350	-400
O	-100	-150	-200	-250	-300	-350	-400	-450
P	-150	-200	-250	-300	-350	-400	-450	-500
Q	-200	-250	-300	-350	-400	-450	-500	-550
R	-250	-300	-350	-400	-450	-500	-550	-600
S	-300	-350	-400	-450	-500	-550	-600	-650
T	-350	-400	-450	-500	-550	-600	-650	-700
U	-400	-450	-500	-550	-600	-650	-700	-750
V	-450	-500	-550	-600	-650	-700	-750	-800
W	-500	-550	-600	-650	-700	-750	-800	-850
X	-550	-600	-650	-700	-750	-800	-850	-900
Y	-600	-650	-700	-750	-800	-850	-900	-950
Z	-650	-700	-750	-800	-850	-900	-950	-1.000

Tabela 1 - Clique para ampliar

Quando a taxa de juros é de 6% ao ano, todos os projetos de reflorestamento com essências nativas são considerados viáveis economicamente, pois seus valores atuais são maiores do que zero. É possível observar três critérios que regem a ordenação desses projetos, por ordem decrescente de importância: espécie, aquisição/doação de mudas e fator terra. Pelo critério da espécie, os melhores projetos são aqueles com a ararua (A), seguidos dos com o pinheiro-brasileiro (P) e o pau-marfim

(M). Pelo critério doação ou aquisição de mudas, os projetos com mudas doadas (4 e 5) são os melhores em relação àqueles nos quais as mudas são adquiridas (1 e 2). Pelo terceiro critério, os projetos nos quais se compra a terra (1 e 4) são melhores do que aqueles nos quais se arrenda a terra (2 e 5).

O crescimento do custo de oportunidade do capital, no entanto, provoca algumas alterações na seleção e ordenação dos projetos. O primeiro projeto a ser rejeitado é o M1 – quando a taxa de juros é 9% ao ano – e, quando a taxa é 15% ao ano, todos os projetos são rejeitados. Os critérios de ordenação dos projetos também se modificam e, quanto maior for a taxa de juros, maior será a tendência para que os projetos sejam ordenados na seguinte seqüência numérica (dos melhores para os piores): 5, 2, 4 e 1. O que não é afetado pela taxa de juros é a relação entre os projetos que consideram a doação ou a aquisição de mudas quando os outros critérios são mantidos constantes, ou seja, M4 é preferível a M1, M5 a M2, P4 a P1, P5 a P2, A4 a A1 e A5 a A2. Além disso, os projetos que consideraram a doação de mudas pelo governo foram tidos como viáveis economicamente, com taxas de juros de um a três pontos percentuais maiores do que as que tornaram os projetos com mudas compradas inviáveis economicamente.

Analisando os fluxos de caixas dos projetos identificados no [Quadro 2](#), observou-se que eles são do tipo não-convencional⁵, o que implica maior cautela na utilização do método da taxa interna de retorno (TIR). No entanto, verificou-se que não houve nenhuma mudança no saldo não-recuperado do capital dos projetos, classificando-os como investimentos do tipo puro. Com isso, os projetos analisados apresentaram TIR única. Na [Tabela 2](#) são apresentados os valores da TIR dos projetos de reflorestamento identificados no [Quadro 2](#).

Tabela 2 - Valores esperados de retorno (VA) dos projetos de reflorestamento – situação de taxa de juros

Projeto	9%	10%	11%	12%	13%
M1	0,11	0	-0,14	-0,1	-0,11
M2	-0,1	-0,1	-0,15	-0,2	-0,21
M4	0,1	0	-0,15	-0,2	-0,21
M5	0,11	0	-0,14	-0,1	-0,11

Fonte: valores calculados pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Tabela 2 - Clique para ampliar

Se os valores da TIR dos projetos forem comparados aos custos de oportunidade do capital utilizados para cálculo do VA, constata-se que os dois métodos rejeitam os mesmos projetos. No entanto, a ordenação dos projetos segundo a TIR e pelo VA não coincidem em nenhuma das taxas de juros utilizadas.

Na [Tabela 3](#) são apresentados os valores esperados da terra (VET) para os projetos cujos fluxos de caixa não incluem o custo de aquisição ou o arrendamento da terra (são os projetos com final 3 ou 6 – ver [Quadro 2](#)). Além dos projetos já analisados, incluiu-se o projeto E1 (plantio do eucalipto para celulose), a fim

de compará-lo com os outros. Os projetos cujo VET é menor do que o custo de aquisição da terra (CAT), ou seja, CAT igual a R\$1.652,89/ha, são inviáveis economicamente.

Tabela 2 - Valores esperados de rendimento dos projetos de reflorestamento considerando-se o preço de prêmios de seguro agrícola - considerando-se o preço de seguro agrícola em R\$100,00 em 1999

Projeto	Espécies									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E0	10,1	12,8	15,5	18,1	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1	33,7
E1	12,8	15,5	18,1	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1	33,7	36,3
E2	15,5	18,1	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1	33,7	36,3	38,9
E3	18,1	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1	33,7	36,3	38,9	41,5
E4	20,7	23,3	25,9	28,5	31,1	33,7	36,3	38,9	41,5	44,1
E5	23,3	25,9	28,5	31,1	33,7	36,3	38,9	41,5	44,1	46,7
E6	25,9	28,5	31,1	33,7	36,3	38,9	41,5	44,1	46,7	49,3
E7	28,5	31,1	33,7	36,3	38,9	41,5	44,1	46,7	49,3	51,9
E8	31,1	33,7	36,3	38,9	41,5	44,1	46,7	49,3	51,9	54,5
E9	33,7	36,3	38,9	41,5	44,1	46,7	49,3	51,9	54,5	57,1
E10	36,3	38,9	41,5	44,1	46,7	49,3	51,9	54,5	57,1	59,7

Fonte: Valores calculados pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Tabela 3 - Custos e benefícios econômicos esperados por hectare de plantio de eucalipto em 1999

Descrição	Benefícios		Custos		Benefício Líquido	VET
	Valor	%	Valor	%		
Compreensão, implantação e manutenção	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - irrigação e fertilizantes	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00

Fonte: Valores calculados pelo autor.

Tabela 3 - Clique para ampliar

Tabela 4 - Custos e benefícios econômicos esperados por hectare de plantio de eucalipto em 1999

Descrição	Benefícios		Custos		Benefício Líquido	VET
	Valor	%	Valor	%		
Compreensão, implantação e manutenção	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - irrigação e fertilizantes	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00

Fonte: Valores calculados pelo autor.

Tabela 4 - Clique para ampliar

Tabela 5 - Custos e benefícios econômicos esperados por hectare de plantio de eucalipto em 1999

Descrição	Benefícios		Custos		Benefício Líquido	VET
	Valor	%	Valor	%		
Compreensão, implantação e manutenção	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - irrigação e fertilizantes	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00
Manutenção - controle de pragas e doenças	1.200,00	100,00	1.200,00	100,00	0,00	0,00

Fonte: Valores calculados pelo autor.

Tabela 5 - Clique para ampliar

Quando a taxa de juros é de 6% ao ano, todos os projetos de reflorestamento com essências nativas, aqui analisados, são considerados viáveis economicamente. A ordenação, com exceção do projeto E1, seguiu dois critérios: espécie e

aquisição/doação de mudas. Pelo principal critério, o da espécie, os melhores projetos são aqueles com a araruvá (A), seguidos dos com o pinheiro-brasileiro (P) e o pau-marfim (M). Pelo critério de doação/aquisição de mudas, os projetos com mudas doadas (tipo 6) são melhores em relação àqueles nos quais as mudas são adquiridas (tipo 3).

Quando o custo de oportunidade do capital começa a se elevar, o primeiro projeto a ser rejeitado é o M3 e, quando a taxa de juros é de 12% ao ano, todos os projetos são rejeitados, inclusive E1, pois $VET < CAT$. No entanto, o desempenho dos reflorestamentos com as essências nativas, comparado ao do plantio homogêneo do eucalipto (E1), é bastante sensível à mudança na taxa de juros. Quando esta é de 6% ou 7% ao ano, o VET do projeto E1 só é superior ao do projeto M3. Nas taxas de 8% e 9% ao ano, o VET do projeto E1 é superior aos dos projetos M3, M6 e P3. Quando a taxa é de 10% ao ano, somente o VET de A6 é superior ao do de E1; e com taxa de juros de 11% ao ano o projeto E1 seria rejeitado, mas não o A6.

3.2. Os resultados da criação de cenários

No [Quadro 3](#) são apresentadas as novas estimativas (M1*, P1* e A1*) do valor atual (VA), a taxa interna de retorno (TIR) e as variações percentuais dessas em relação àquelas da análise determinista (para taxa de juros de 6% ao ano, no caso do VA). Dentre os cenários otimistas, destaca-se o CO1, ou seja, o aumento estimado para a produtividade em razão do ordenamento florestal racional e adequado e, principalmente, do melhoramento florestal. No entanto, dentre os cenários pessimistas, destaca-se o CP2; nesse caso, o preço da tora foi depreciado em razão da heterogeneidade da madeira ocasionada pelo material genético utilizado.

Quadro 3 - Valores esperados para o valor atual (VA) e taxa interna de retorno (TIR) em diferentes condições de cultivo e espécies.

Espécie	Cenário Otimista (CO1)		Cenário Pessimista (CP2)		Cenário Base	
	VA (R\$)	TIR (%)	VA (R\$)	TIR (%)	VA (R\$)	TIR (%)
Araruvá (A)	12000	12	11000	11	10000	10
Pinheiro-brasileiro (P)	10000	10	9000	9	8000	8
Pau-marfim (M)	8000	8	7000	7	6000	6

Quadro 3 - Clique para ampliar

Em ambos os casos, fica evidente a importância do fator genético das árvores plantadas sobre a produtividade e o preço da madeira.

3.3. Os resultados da simulação de Monte Carlo

A despeito das poucas informações sobre o reflorestamento com as essências nativas selecionadas, a maior sofisticação da análise em condição de risco pelo método de Monte Carlo

enriquece a atual análise de rentabilidade dos projetos. Para o presente caso, foi considerado o custo de oportunidade mínimo de 6% ao ano, e os limites (L) utilizados como referência foram aqueles obtidos pela análise determinista dos projetos A1, P1 e M1.

Pelas estimativas obtidas pelos métodos do valor atual e taxa interna de retorno (ver [Tabelas 3 a 5](#)), em condição de risco, os projetos com essências nativas são ainda mais atrativos quando comparados com as estimativas da análise determinista. Isso pode ser ratificado quando se observa a probabilidade (P) de a estimativa média (I) ser maior do que o limite (L), ou seja, $P(I > L)$. No caso do valor atual, as probabilidades foram muito altas em razão do custo de oportunidade escolhido (o mínimo utilizado na análise determinista, ou seja, 6% ao ano). Já no caso das taxas internas de retorno, as probabilidades foram menores, mas ainda muito significativas para os limites utilizados.

A fim de comparar com resultados obtidos por outros autores, também foram consideradas as estimativas dos indicadores para o caso de não se incluir o custo da terra. Nesse caso, as estimativas da TIR variaram de 15,2%, com desvio-padrão de 1,3 ponto percentual (projeto M3 da [Tabela 4](#)), a 22,2% com desvio-padrão de 1,5 ponto percentual (projeto A6 da [Tabela 3](#)). Comparando com outras atividades apresentadas no [Quadro 4](#), o reflorestamento com essências arbóreas nativas mostrou-se bastante competitivo, principalmente para o plantio da ararua.

Quadro 4 - Taxa interna de retorno (TIR) baseada no RRF; atividade agrícola e pecuária

Projeto	TIR	Desvio-padrão	Probabilidade (P)
Atividade relacionada a agricultura e criação animal	0,115	0,021	0,999
Atividade relacionada a pecuária	0,100	0,018	0,999
Projeto A6 (essência nativa)	0,222	0,015	0,999
Projeto M3 (essência nativa)	0,152	0,013	0,999
Projeto M1 (essência nativa)	0,140	0,013	0,999

Quadro 4 - Clique para ampliar

De maneira geral, os indicadores de rentabilidade, tanto na análise determinista quanto na de risco, foram favoráveis à implantação de quase todos os projetos com essências arbóreas nativas aqui considerados. Para muitos investidores, uma das desvantagens desses reflorestamentos com essências nativas poderia ser o fluxo de caixa negativo por muitos anos. Deve-se ressaltar que as estimativas foram realizadas para áreas de um hectare⁶, e, portanto, poderiam ser feitos plantios em áreas maiores e parcelados para melhorar essa característica dos fluxos de caixa.

4. Conclusões

Neste trabalho, analisou-se a rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras destinados à produção de toras a serem utilizadas na indústria de desdobro mecânico destas. Para tanto, tomou-se como caso em estudo o Estado de São Paulo.

A análise determinista foi realizada em duas etapas: análise de um ciclo de produção e análise de ciclos que se perpetuam. Na primeira, todos os projetos analisados, tanto pelo método do valor atual (VA) quanto pelo da taxa interna de retorno (TIR), são considerados viáveis economicamente para taxas de juros até de 8% ao ano. Para taxas de juros acima de 8% e menores do que 15%, existem projetos viáveis e não-viáveis; e, para taxas de juros maiores que 15% ao ano, todos os projetos são rejeitados. Na segunda etapa da análise determinista, utilizando-se o método do VET, a rejeição de todos os projetos ocorreu para taxas de juros de 12% ou mais. Portanto, de modo geral, os projetos de reflorestamento com essências arbóreas nativas são viáveis economicamente para taxas de juros não elevadas.

A análise de risco também foi realizada em duas etapas: a análise de sensibilidade e a simulação de Monte Carlo. Pela análise de sensibilidade, as variáveis com maior impacto na melhoria e piora do VA e da TIR foram, respectivamente, a produtividade e o preço da tora. Ambas as variáveis são decorrentes do uso de material genético não-homogêneo. Com isso, ratifica-se, pela análise econômica, a importância dos investimentos em pesquisa, em particular nos programas de melhoramento genético, para elevar a rentabilidade dos reflorestamentos com essências arbóreas nativas. Sem esses investimentos, os esforços feitos para valorização de madeiras certificadas, doação de mudas etc. podem ser neutralizados, e com isso a atratividade do reflorestamento com essências nativas é diminuída.

Dos resultados obtidos pela simulação de Monte Carlo, destacam-se as estimativas médias das TIRs – 15,2%, 16,9% e 17% para os projetos M3, A3 e P3, respectivamente. Isso porque essas estimativas – que não consideram o custo da terra, mas a compra de mudas –, se comparadas àquelas apresentadas no [Quadro 4](#) (obtidas para outros projetos agropecuários em condição de risco), indicam que a rentabilidade desses investimentos é compatível com esse tipo de projeto.

Apesar disso, deve-se levar em conta que a rentabilidade não é o único fator considerado nas tomadas de decisão de negócios. Visto que o principal produto desse reflorestamento (a tora) só é obtido no final do ciclo de produção (aos 25 anos), o período de retorno do capital é bastante alto. Além da baixa liquidez, trata-se de um investimento com pouca flexibilidade (não pode ser alterado significativamente), embora não exista na atualidade uma análise de investimento capaz de avaliar objetivamente os custos e benefícios da flexibilidade.

Os investimentos em reflorestamento com essências nativas podem ser uma boa alternativa para ocupação de áreas ociosas nas pequenas e médias fazendas, onde não há outra opção econômica para a terra. Uma proliferação desses reflorestamentos poderia garantir oferta estável de madeira nativa, o que diminuiria a demanda por madeiras nativas exploradas ilegalmente na Amazônia.

Por fim, deve-se ressaltar que os projetos aqui analisados foram baseados em experimentos. Portanto, reflorestamentos comerciais com maior escala necessitarão da continuidade das pesquisas florestais. Além disso, é preciso analisar outras alternativas – como plantio parcelado, sistemas agrossilvipastoris etc. – que permitam dar maior liquidez e flexibilidade a esses projetos de investimento.

Referências Bibliográficas

AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. **Análise econômica de projetos: "software" para situações deterministas e de risco envolvendo simulação.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1988. 127 f. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. [[Links](#)]

AZEVEDO FILHO, A.J.B.V. **Elementos de matemática financeira e análise de projetos de investimento.** Piracicaba, SP: DESR/ESALQ, 1995. 92 p. (Série didática, 109). [[Links](#)]

BERGER, R. **The brazilian fiscal incentive act's influence on reforestation activity in São Paulo State.** [S.l.: s.n.], 1979. Tese (Ph. D.) – Michigan State University, Michigan. [[Links](#)]

CAPP FILHO, M. **Avaliação econômica do reflorestamento no Estado de Minas Gerais: efeitos do incentivo fiscal.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1976. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. [[Links](#)]

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo, PR: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 639 p. [[Links](#)]

CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: a quantitative approach.** New York: John Wiley, 1983. 333 p. [[Links](#)]

CONTADOR, C.R. **Avaliação social de projetos.** São Paulo: Atlas, 1981. 301 p. [[Links](#)]

FARO, C. **Engenharia econômica: elementos.** São Paulo: APEC, 1972. 338 p. [[Links](#)]

GARRIDO, M.A.O.; DOMINGOS, P.R.; GARRIDO, L.M.A.G.; DURIGAN, G. Pesquisa e experimentação com cinco espécies nativas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, SP: SBS/SBEF, 1990. p.602-610. [[Links](#)]

GURGEL FILHO, O.A.; GARRIDO, L.M.A.G.; NETTO, S.M.R. Características silviculturais e biométricas do crescimento de algumas essências da zona temperada. **Silvicultura**, n.14, v.2, p.60-81, 1978. (Edição especial apresentada no 3o Congresso Florestal Brasileiro, Manaus, 1978 – Anais). [[Links](#)]

GURGEL FILHO, O.A.; MORAES, J.L.; GARRIDO, L.M.A.G. Espécies nativas euxilóforas. **Silvicultura em São Paulo**, v.16A, parte 2, p.884-889, 1982. (Edição especial apresentada ao Congresso Nacional sobre Essências Nativas, Campos do Jordão, 1982 – Anais). [[Links](#)]

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 220 p. [[Links](#)]

MACHADO, J. A. R. **A viabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras para a produção de toras** – O caso do Estado de São Paulo. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2000. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. [[Links](#)]

NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p. [[Links](#)]

RODRIGUEZ, L.C.E.; RODRIGUES, F. Plantios florestais: rentabilidade e visão de longo prazo. **Preços Agrícolas**, v.14, n.155, p.10-12, set.1999. [[Links](#)]

TAKITANE, I.C. **Custo de produção da borracha e análise de rentabilidade em condições de risco no Planalto Paulista, SP, e no Triângulo Mineiro, MG**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1988. 119 f. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. [[Links](#)]

VEIGA FILHO, A.A.; VEIGA, J.E.R. Comparação dos retornos econômicos entre produção periódica e programada de eucalipto em regime de talhadia simples. **Agricultura em São Paulo**, v. 4, n. 1, p. 85-101, 1994. [[Links](#)]

1 Artigo baseado na dissertação de Mestrado do primeiro autor e orientada pelo segundo autor

2 Nas formas de lenha, carvão vegetal e toras.

3 Para obter maiores detalhes sobre este software, ver Azevedo

Filho (1988). ALEAXPRJ - Sistema para Simulação e Análise Econômica de Projetos em Condições de Risco: manual do usuário. USP/PCP/CIAGRI - 1988. 43 p.

[4](#) A taxa de juros de 6% ao ano é obtida na aplicação mais segura, a caderneta de poupança. A taxa de juros de 20% ao ano tem sido, na média, a mais elevada taxa de juros aceita pelo Tesouro Nacional na venda de títulos públicos (exceto em curtos períodos de crises no mercado financeiro internacional, em que há elevação temporária dessa taxa de juros para evitar a fuga de capitais estrangeiros do país).

[5](#) O fluxo de caixa do tipo não-convencional é aquele cuja mudança no sinal da seqüência do saldo líquido anual ocorre mais de uma vez, ou seja, têm-se fluxos líquidos de caixa negativos em alguns anos, seguidos de fluxos líquidos de caixa positivos e, em seguida, novos fluxos líquidos de caixa negativos, seguidos de fluxos de caixa líquidos positivos, novamente fluxos de caixa líquidos negativos O último fluxo líquido de caixa nos projetos analisados foi positivo.

[6](#) Constituem os experimentos do Instituto Florestal do Estado de São Paulo.