

## **Impacto do regime de manejo na rentabilidade da produção de lenha de eucalipto na região de Itapeva-SP, sob condições de risco**

**José Mauro Magalhães Ávila Paz Moreira**  
Embrapa Florestas  
jose-mauro.moreira@embrapa.br

**Flavio José Simioni**  
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC  
flavio.simioni@udesc.br

**Lorena Figueira de Santana**  
Mestranda em Engenharia Florestal - UFPR  
lorenafigueira@outlook.com

**Grupo de Pesquisa: Economia e Gestão no Agronegócio**

### **Resumo**

O cultivo de eucalipto para produção de lenha está sujeito a um conjunto de incertezas relacionadas às dificuldades de previsibilidade de eventos futuros que impactam na rentabilidade dos projetos. Neste contexto, a análise de simulação pode ser adotada objetivando conhecer o risco que tais oscilações nas variáveis de entrada têm sobre o retorno de um investimento. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o risco do retorno econômico de um sistema de produção modal de eucalipto para lenha. A avaliação foi realizada na região de Itapeva/SP. Foram utilizadas técnicas de entrevistas e painel com especialistas, representando a prática adotada por grandes produtores. Os indicadores de viabilidade econômica considerados foram o Valor Anual Equivalente (VAE), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Custo Médio de Produção (CMPr). O risco foi avaliado considerando o emprego do Método de Monte Carlo, com o uso do software @RISK, considerando dois regimes de manejo e simulação do preço da madeira (já entregue ao cliente), da produtividade esperada, e dos rendimentos das operações de coveamento (implantação), corte e extração (colheita). Os resultados indicaram que o regime de manejo com duas rotações proporciona menor risco para a atividade e que o preço da madeira e a produção esperada são as variáveis de risco que mais impactam o resultado econômico.

**Palavras-chave:** Viabilidade econômica, Método de Monte Carlo, Análise de simulação.

### **Abstract**

*The eucalyptus plantations for firewood production is subject to a number of uncertainties related to the difficulties of predictability of future events that impact on the profitability of projects. In this context, the simulation analysis can be adopted aimed at understanding the risk that such fluctuations in input variables on the return of an investment. The objective of this study was to evaluate the risk of the economic return of a modal system of production of eucalyptus for firewood. The evaluation was conducted in the Itapeva / SP region outlined by using the techniques of interviews and panel specialists, representing the practice adopted by larger farms. The economic viability indicators considered were the Equivalent Annual Value (EAV), the Internal Rate of Return (IRR) and the Average Cost of Production (CMPr). The risk*

was evaluated considering the use of Monte Carlo method, using @RISK software, considering two management systems and simulation of wood prices (already on the client), the expected productivity and income of opening holes operations (implantation), cutting and extraction (harvest). The results indicate that the forest management regime with two rotations provides less risk for the activity and that the price of wood and the expected production are the risk variables that most influence the economic result.

**Keywords:** Economic viability, Monte Carlo method, simulation analysis

## 1. Introdução

A lenha, forma mais rudimentar do uso da madeira como fonte de energia, tem sido utilizada pela humanidade desde o seu início até os dias atuais, contribuindo para o seu desenvolvimento, sendo ainda amplamente utilizada como fonte de energia e calor, principalmente em países em desenvolvimento (BRITO, 2007; BUANAIN; BATALHA, 2007).

Estima-se que mais de 58% da produção mundial de madeira nas duas últimas décadas destinou-se para uso como biomassa, representando atualmente cerca de 10% da geração de energia primária na matriz energética brasileira (MOREIRA, 2011). Neste aspecto, cabe ressaltar os contínuos esforços objetivando diminuir o consumo de lenha de extração vegetal e substituí-la por lenha da silvicultura.

O gênero mais plantado para finalidades energéticas no Brasil é o *Eucalyptus*, representando 85% da produção de lenha de silvicultura em 2013, que atingiu 55,2 milhões metros cúbicos (64% da produção de lenha nacional) segundo a Pesquisa de Extração Vegetal e Silvicultura, publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2015).

Como em qualquer investimento, a análise da viabilidade econômica de empreendimentos florestais é fundamental para a aplicação racional dos recursos disponíveis. Dossa et al. (2002) analisaram a viabilidade econômica de plantios de eucalipto para a produção de madeira na região de Belo Horizonte, avaliando a sua rentabilidade para produção de lenha e celulose em áreas declivosas e planas. Ambos os sistemas de produção avaliados se mostraram economicamente viáveis com Taxa Interna de Retorno (TIR) variando de 11% a 12% ao ano, e Valor Anual Equivalente (VAE) variando de R\$ 78,00 a R\$ 98,00 por hectare, sendo os maiores valores obtidos nos sistemas de produção em áreas planas, passíveis de mecanização.

Fiedler et al. (2011) analisaram os custos de implantação e manutenção de um plantio de eucalipto com operações manuais em áreas acidentadas no Sul do Espírito Santo. O custo total de implantação e manutenção foi de R\$ 3.419,00 por hectare, sendo a aquisição de adubo o principal componente deste custo (31,3%), seguido pela aquisição de mudas clonais (16,6%). O sistema utilizou mão de obra familiar em sua maioria, sendo considerado o custo da diária praticado pelos pequenos produtores na região (R\$ 25,00), muito inferior aos valores praticados atualmente no meio rural no Sul do país (R\$ 80,00 entre pequenos agricultores e R\$ 160,00 para empresas prestadoras de serviços).

Estes trabalhos realizam estudos sobre a viabilidade econômica de plantios de eucalipto em um único cenário, mas não levaram em consideração alguns riscos que podem impactar a rentabilidade da atividade. Castro et. al. (2007) analisaram a viabilidade econômica da produção de carvão vegetal em Minas Gerais, a partir de plantios de eucalipto, em condições de risco de preço do carvão, produtividade florestal, custo de implantação, e custo de carvoejamento e transporte. Os autores chegaram à conclusão de que o sistema era viável economicamente e havia 12% de probabilidade de se obterem valores não viáveis.

Ainda avaliando a viabilidade da produção de lenha de eucalipto para a secagem de grãos, Afonso Júnior et al. (2006) relacionaram indicadores de viabilidade com diferentes combinações de preço da terra e preço comercial da lenha. Concluíram que plantios de eucalipto em terras próprias mostrou-se viável economicamente quando o preço da terra for inferior a US\$ 1.000,00 por hectare, contudo, quando o preço da terra for de US\$ 1.500,00 ou US\$ 2.000,00 por hectare, os cultivos tornam-se viáveis apenas quando o preço da lenha for de US\$ 12,50/m<sup>3</sup> e US\$ 15,00/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Restrepo e Orrego (2015) analisaram o risco de investimentos florestais em plantios de teca na Colômbia, considerando a probabilidade de sucesso dos investimentos, variações no preço da terra e na produtividade esperada dos plantios. Os autores concluíram que tais plantios apresentaram um Valor Esperado da Terra (VET) de US\$ 7.000,00 por hectare, e que os riscos da atividade são praticamente inexistentes para terra com valores menores ou iguais a US\$ 2.000,00 por hectare.

O regime de manejo também exerce forte influência sobre a rentabilidade de cultivos florestais, podendo gerar valores bem distintos de lucratividade variando-se apenas a idade de corte dos talhões florestais (MOREIRA et. al., 2015).

Taylor e Fortson (1991) avaliaram o risco do retorno financeiro de plantios não desbastados de *Pinus taeda* L. no Alabama e na Georgia, variando a densidade de plantio e a idade de corte. Os autores chegaram a conclusão que rotações mais curtas apresentaram menor risco financeiro, mas também menores valores esperados de rentabilidade. Recomendaram que investidores avessos a risco devem optar por rotações mais curta, mas aqueles que quiserem um retorno maior deveriam optar por rotações mais longas.

Em um cenário macroeconômico de constantes mudanças e alterações nos mercados, a avaliação da viabilidade econômica dos sistemas de produção comumente empregados pelo setor produtivo é fundamental para subsidiar a tomada de decisão de agentes públicos e privados, para a geração de conhecimento e para a formulação e/ou avaliação de políticas públicas e setoriais. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é a avaliação do risco do retorno econômico do sistema de produção modal de eucalipto para lenha na região de Itapeva/SP, praticado pelos grandes produtores, bem como o impacto de se adotar um regime de manejo com um ou dois cortes na sua rentabilidade e risco.

## 2. Metodologia

### 2.1. Região de estudo

O município de Itapeva localiza-se na região Sul do Estado de São Paulo, possuindo quase 88 mil habitantes em uma área de aproximadamente 1.800 km<sup>2</sup>. A sua economia se baseia principalmente no setor de serviços (72% do PIB), agropecuária (15%) e indústria (13%), com um PIB per capita anual de quase R\$ 16 mil (IBGE, 2015).

O município possui uma altitude de 700 metros acima do nível do mar e o seu clima é classificado como tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno (classificação climática de Koeppen Cwa). As temperaturas médias anuais variam de 14°C a 26°C, com uma pluviosidade anual média de 1.300 mm (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA, 2015).

### 2.2. Coleta de dados

O sistema de produção modal foi delineado combinando as técnicas de entrevistas a empresas, para construir uma proposta de sistema modal de produção, com painel de especialistas, para ajustes e validação do sistema elaborado e para o levantamento das variáveis a serem utilizadas na análise de risco e suas respectivas distribuições de probabilidade de

ocorrência. O painel é um instrumento utilizado para coleta de dados que permite agilidade e um elevado grau de conhecimento da realidade analisada, uma vez que a elaboração dos custos e do fluxo de caixa ocorre com base nas informações técnicas da região em estudo com a participação dos produtores na discussão (DE ZEN; PERES, 2002). O modal delineado refere-se ao sistema de produção mais comum praticado pelos grandes produtores da região (áreas de plantio superiores a 5.000 hectares), que respondem por cerca de 70% da área plantada de eucalipto para lenha. As entrevistas e o painel ocorreram no primeiro semestre de 2015, e contaram com a participação de duas grandes empresas da região.

### 2.3. Modal de produção estabelecido

O sistema modal de produção utiliza mudas clonais de *Eucalyptus saligna* Sm., com espaçamento 3m x 2m, em ciclos de duas rotações, com idade de corte aos sete anos, totalizando 14 anos de projeto. A produtividade média é de 500 estéreos de madeira por hectare no primeiro corte (357,14 m<sup>3</sup>/ha), com queda de 20% no segundo corte (400 st/ha = 285,71 m<sup>3</sup>/ha). Tais produtividades resultam em um incremento médio anual (IMA) de 51,02 m<sup>3</sup>/ha.ano na primeira rotação, e 40,82 m<sup>3</sup>/ha.ano na segunda rotação, sendo acima da média nacional.

O sistema é de alta tecnologia no uso de insumos, mas possui colheita semi-mecanizada, resultando em custos de colheita elevados quando comparados com outros sistemas de produção semelhantes em áreas mecanizáveis.

A primeira rotação (implantação) consiste na dessecação da área, combate à formiga, seguido de calagem e plantio, com abertura de covas por meio de motocoveador. O custo modal da operação de motocoveamento é de R\$ 825,00 por hectare, sendo cobradas 5 diárias para a execução do serviço. A taxa de replantio é de 5%, sendo realizada de 20 a 30 dias após o plantio. São realizadas três adubações, controle de matocompetição e combate a formigas no ano de implantação. Após o primeiro ano da cultura, realiza-se apenas o combate de formiga localizado a cada dois anos e, na idade de corte, realiza-se uma roçada na área para facilitar as operações de corte. Um combate à formiga antes do corte também é realizado visando à proteção das brotações que constituirão a segunda rotação.

Após a colheita da primeira rotação, se inicia a segunda rotação, sendo realizada a dessecação pós-colheita e o combate sistemático à formiga. O sistema utiliza adubação na segunda rotação, embora em quantidade inferior à primeira rotação, sendo realizada uma adubação de cobertura três meses após a rebrota, um controle de matocompetição aos seis meses e a seleção de broto ocorre aos nove meses após a brotação, sendo deixados de dois a três fustes por toco. A partir daí são realizados apenas controle de formigas a cada dois anos. O sistema de colheita usa corte semi-mecanizado (motosserra) e baldeio realizado por trator autocarregável, sendo de 30km a distância média de transporte da madeira ao local de consumo.

O custo anual de arrendamento foi de R\$ 1.100,00 por alqueire, representando R\$ 458,33 por hectare, e os custos de administração de R\$ 65,00 por hectare. Os custos e rendimentos de colheita e transporte podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Custo médio de colheita para a primeira e segunda rotação

Item do conjunto	Rendimento (st/dia)	Custo (R\$/st)
Corte c/ motosserra (1 operador e 1 ajudante)	45,00	9,00
Baldeio/Extração (Trator 4x4, 145cv - carreta)	250,00	13,00
Carregamento (carregador florestal, 115cv)	1.750,00	2,50
Frete (30 km)		10,00

Nota: Foram consideradas 7 horas efetivas de trabalho por dia

O preço considerado na análise foi o pago pela madeira entregue no cliente (a 30km) mais comum praticado na região em momentos de mercado mais estável (R\$ 55,00/st). O preço na região tem variado significativamente nos últimos anos, segundo relatos dos especialistas, variando de R\$ 40,00/st a R\$ 70,00/st entregue no cliente. O mercado regional atravessava um momento de excesso de oferta de madeira no momento do levantamento de dados, sendo relatados preços entre R\$ 40,00/st e R\$ 45,00/st. Entretanto, como não é esta a condição normal do mercado, optou-se por utilizar o preço mais usual na região.

#### 2.4. Indicadores de viabilidade econômica

A análise econômica de investimentos florestais envolve o uso de critérios que levem em consideração o valor do capital no tempo, organizando os custos e receitas ao longo da vida útil do projeto em um fluxo de caixa, e depois descontando o custo do capital no tempo, trazendo os valores para o momento inicial do projeto, ou seja, a valor presente (REZENDE E OLIVEIRA, 2011).

Vários critérios podem ser utilizados para analisar a viabilidade financeira de empreendimentos florestais. Neste trabalho, optou-se por utilizar três indicadores que permitam comparar projetos com diferentes horizontes de duração: o Valor Anual Equivalente (VAE), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Custo Médio de Produção ou Custo Financeiro de Produção (CMPr). Uma descrição detalhada dos indicadores de viabilidade econômica utilizados pode ser encontrada em Rezende e Oliveira (2011).

O VAE permite uma comparação entre projetos com horizonte de tempo diferentes, convertendo o resultado líquido do projeto em um valor anual equivalente. A TIR é um indicador amplamente utilizado e serve para verificar qual é a taxa de juros que iguala o resultado líquido a zero, projetos com maiores TIRs resultam em uma remuneração maior do capital aplicado. O CMPr calcula o custo por unidade de produto considerando o valor do capital no tempo, e serve para determinar qual o menor preço que o produto pode ser vendido para que o resultado líquido do projeto se iguale a zero.

A taxa mínima de atratividade (TMA) real utilizada foi de 4,3% ao ano, sendo construído o fluxo de caixa a preços constantes. Este valor foi baseado após se descontar a inflação medida pelo IPCA<sup>1</sup> (9,53% ao ano) da taxa do SELIC<sup>2</sup> (14,25% ao ano) (Banco Central do Brasil, 2015).

#### 2.5. Análise de risco

As condições de investimento têm elevado impacto na viabilidade de projetos, principalmente em relação às incertezas das variáveis relacionadas. A análise destas incertezas permite a hierarquização da influência das variáveis no processo.

Considerando a construção do fluxo de caixa de investimentos baseados em estimativas, quanto maior a dispersão das estimativas ao redor do valor esperado maior a dispersão de cada resultado do fluxo de caixa. Assim, a incerteza é gerada pelas dispersões das estimativas esperadas (LAPPONI, 2000).

Há, na literatura, três alternativas principais para análises em condição de incerteza: matrizes de decisão, análise de sensibilidade e simulação (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE, 2010). De acordo com os autores, as matrizes de decisão relacionam as diversas alternativas do investidor com as diferentes eventualidades futuras, ou seja, a cada um dos

<sup>1</sup> IPCA – Índice de Preços ao Consumidor Amplo, sendo considerado o índice de inflação oficial do país.

<sup>2</sup> SELIC – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia, se destina à custódia de títulos escriturais de emissão do Tesouro Nacional, seu registro e à liquidação de suas operações.

cenários possíveis. A análise de sensibilidade busca obter o efeito que a variação de um único dado de entrada pode ocasionar nos resultados, enquanto que a simulação permite obter resultados com oscilação simultânea de mais de uma variável. Portanto, a simulação é uma poderosa técnica para análise de sistemas complexos, sendo bastante utilizada para auxiliar tomadores de decisão (WINSTON, 2004). Segundo o mesmo autor, o método de amostragem de Monte Carlo é amplamente utilizado, onde são gerados números aleatórios para cada distribuição de densidade de probabilidade de cada variável de entrada do modelo e as variáveis de saída são calculadas, sendo os valores de cada simulação armazenados. Ao final obtém-se a distribuição de probabilidade esperada para as variáveis de saída e as distribuições de probabilidade geradas para as variáveis de entrada, sendo atendidos os pressupostos estabelecidos no modelo. Dessa forma, o processo de simulação transforma as incertezas em risco em seu sentido fundamental, ou seja, a probabilidade de obter prejuízo financeiro (GITMAN, 2010).

Em consulta a especialistas, as variáveis que mais tiveram influência na rentabilidade de plantios de eucalipto para lenha na região foram: o preço da madeira (já colocada no cliente), a produtividade esperada, e os rendimentos das operações de coveamento (implantação), corte e extração (colheita). As funções de densidade de probabilidade utilizadas foram estabelecidas junto com os especialistas do painel, sendo determinados os seus valores mais comuns (moda), e os valores mínimos e máximos, bem como o formato esperado da distribuição (Figura 1).

Outra relação conhecida no setor florestal é a correlação positiva significativa entre o volume individual das árvores e os rendimentos das operações de corte e extração florestal para uma mesma idade de corte, espaçamento e condições de relevo (SIMÕES et al., 2014). Os especialistas consultados relataram uma alta correlação entre a produtividade e os rendimentos de extração (coeficiente de correção = 0,9), uma média correlação entre a produtividade e os rendimentos de corte (0,7) e uma baixa correlação entre os rendimentos de corte e extração (0,5). Estas correlações foram inseridas no modelo.

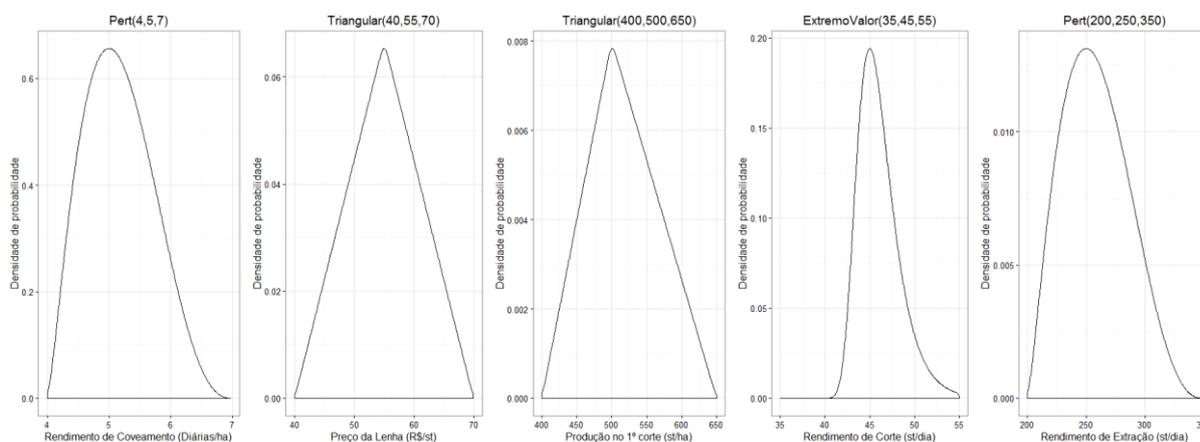


Figura 1 – Funções de densidade de probabilidade utilizadas para a análise de risco

Nota: As informações apresentadas no topo da distribuição de probabilidade são, respectivamente, valor mínimo, moda e valor máximo da variável.

O modelo foi desenvolvido em uma planilha Microsoft Excel e simulado com o software @RISK. Inicialmente realizou-se o teste de convergência para as três variáveis de saída com tolerância de 1% e nível de significância de 99% no quartil 75. A convergência foi obtida após 161.000 interações. Para obter uma maior segurança nos resultados, foram executadas 500.000 simulações. Os cenários cujos valores da TIR deram erro foram recalculados na planilha

alterando-se o valor inicial da taxa, de maneira a se encontrar o valor da TIR e reduzir o número de cenários com erros.

## **2.6. Impacto do regime de manejo**

No intuito de observar o impacto da estratégia de manejo da floresta na distribuição da rentabilidade do plantio de eucalipto para lenha na região, um cenário alternativo com um regime de manejo com um ciclo de apenas uma rotação (corte) foi analisado, tanto em condições determinísticas como sob risco. As simulações da análise de risco foram executadas com a função RISKSIMTABLE() do @RISK, que permitiu utilizar exatamente os mesmos valores de entrada das variáveis de risco em cada simulação, de maneira a captar apenas o impacto de não se conduzir a brotação após o corte, executando uma nova implantação florestal logo após o primeiro corte (regime de um ciclo com uma rotação). Esta estratégia aumenta o custo de produção ao se obter uma nova implantação no sétimo ano, mas também aumenta a receita por não ter queda de produção no segundo corte aos quatorze anos.

## **2.7. Impacto das variáveis de risco no resultado dos indicadores**

O impacto das variáveis de risco sobre os indicadores de viabilidade econômica do projeto florestal foi avaliado pela observação do movimento/tendência dos indicadores com as variáveis de risco para se ter uma ideia de quais variáveis poderiam ter maior impacto nos resultados do projeto. Devido ao elevado número de observações (500.000), os gráficos foram elaborados utilizando-se do pacote @HEXBIN do R.

## **3. Resultados**

### **3.1. Análise determinística**

O fluxo de caixa do modal determinístico pode ser observado na Tabela 2, e os indicadores de rentabilidade determinísticos para ambos os regimes de manejo, na Tabela 3.

É possível observar que o ciclo de produção com duas rotações apresenta, nas condições analisadas, maior competitividade do que o ciclo com apenas uma rotação. Entretanto, mesmo utilizando o regime de manejo com duas rotações, os indicadores financeiros estão viáveis, mas muito tímidos quando comparados com outras culturas agrícolas ou florestais. Ao analisar com mais detalhe os custos e as receitas, percebe-se que a produtividade mais comum na região é alta quando comparada com o restante do país, mas paga-se um elevado valor pelo arrendamento da terra. O preço da madeira posta no cliente estava muito baixo, não sendo incomum relatos na região de que pequenos produtores não estavam renovando suas áreas de eucalipto, mas substituindo a silvicultura por culturas agrícolas ou pelo Pinus para produção de resina.

Tabela 2 - Fluxo de caixa do sistema modal de produção de eucalipto

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7
Receitas (R\$/ha)								27.500,00
Produção (st/ha)								500,00
Custos silviculturais (R\$/ha)	4.555,55	0,00	27,03	0,00	27,03	0,00	27,03	382,20
Custo arrendamento (R\$/ha)	0,00	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33
Custos gerais (R\$/ha)	0,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	78,00	65,00
Custo Colheita e Transp. (R\$/ha)								17.250,00
Custo Total (R\$/ha)	4.555,55	523,33	550,36	523,33	550,36	523,33	563,36	18.155,53
Saldo (R\$/ha)	-4.555,55	-523,33	-550,36	-523,33	-550,36	-523,33	-563,36	9.344,47
Receitas descontadas								20.480,59
Produção descontada								372,37
Custo total descontado	4.555,55	501,76	505,91	461,24	465,06	423,99	437,60	13.521,31
Custo total descontado (sem terra)	4.555,55	62,32	84,59	57,29	77,76	52,66	81,58	13.179,97
Saldo descontado	-4.555,55	-501,76	-505,91	-461,24	-465,06	-423,99	-437,60	6.959,28
Saldo descontado (sem terra)	-4.555,55	-62,32	-84,59	-57,29	-77,76	-52,66	-81,58	7.300,62
Ano	7	8	9	10	11	12	13	14
Receitas (R\$/ha)								22.000,00
Produção (st/ha)								400,00
Custos silviculturais (R\$/ha)	966,11	605,43	0,00	27,03	0,00	27,03	0,00	382,20
Custo arrendamento (R\$/ha)		458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33
Custos gerais (R\$/ha)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	78,00	65,00
Custo Colheita e Transp. (R\$/ha)								13.800,00
Custo Total (R\$/ha)	966,11	1.128,76	523,33	550,36	523,33	550,36	536,33	14.705,53
Saldo (R\$/ha)	-966,11	-1.128,76	-523,33	-550,36	-523,33	-550,36	-536,33	7.294,47
Receitas descontadas								12.202,32
Produção descontada								221,86
Custo total descontado	719,51	805,98	358,28	361,25	329,34	332,07	310,27	8.156,44
Custo total descontado (sem terra)	719,51	478,71	44,50	60,40	40,91	55,53	45,12	7.902,22
Saldo descontado	-719,51	-805,98	-358,28	-361,25	-329,34	-332,07	-310,27	4.045,88
Saldo descontado (sem terra)	-719,51	-478,71	-44,50	-60,40	-40,91	-55,53	-45,12	4.300,10

Tabela 3 – Indicadores de viabilidade econômica determinística

Indicador	Ciclo com 2 rotações	Ciclo com 1 rotação
VAE (R\$/ha)	42,23	- 66,01
TIR (% ao ano)	5,02	3,30
CMPr (R\$/st)	54,26	56,05

Outro aspecto que chama atenção é o modal de colheita utilizado, uma vez que a colheita semimecanizada (motosserra) apresenta baixo rendimento operacional quando comparada com a colheita mecanizada, resultando em um custo elevado de colheita e transporte quando comparado com outras regiões produtoras de eucalipto para energia. Em Minas Gerais, dados de pesquisa de campo realizada pelos autores entre os grandes produtores revelaram custos de colheita na ordem de R\$ 25,00 a R\$ 30,00 por metro cúbico, o que equivale a R\$ 17,86 a R\$ 21,43 por metro estéreo, bem inferior aos R\$ 24,50 relatados na região (aumento de 37,18% a 14,33% no custo de colheita)

### 3.2. Análise de risco

As densidades de probabilidade dos indicadores financeiros (VAE, TIR e CMPr) para ambos os regimes de manejo podem ser observados na Figura 2.

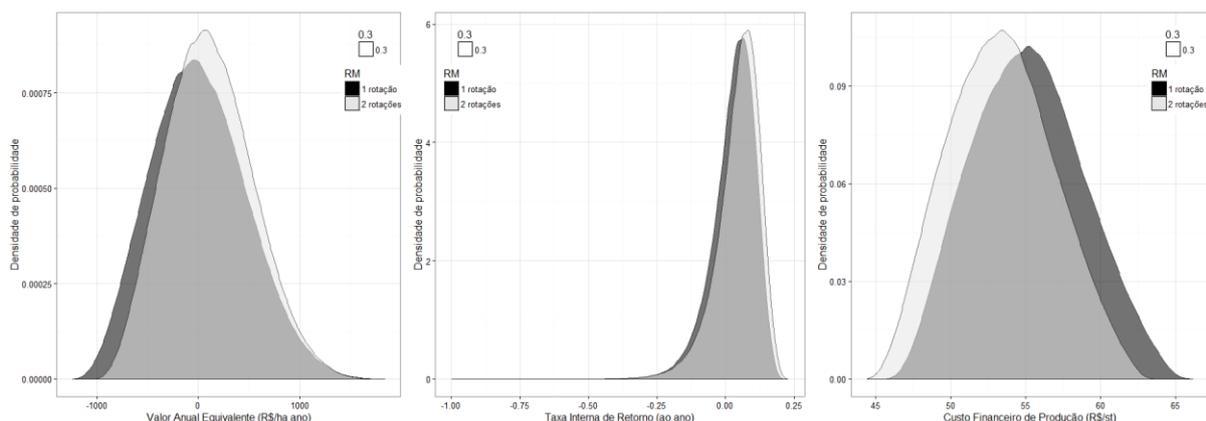


Figura 1 – Densidades de probabilidade para os indicadores financeiros nos regimes de manejo com uma e duas rotações.

O desempenho superior do ponto de vista econômico do regime de manejo com duas rotações também se confirma na análise de risco implementada. O VAE e a TIR de ambos os regimes apresentam valores de máximo semelhantes, mas o valor mais comum (pico) e o valor de mínimo do regime com duas rotações são maiores do que o regime com uma rotação. O CMPr apresenta comportamento oposto, mas na mesma direção de que os resultados do regime com duas rotações foram melhores do que o de uma rotação, uma vez que toda a densidade de probabilidade se deslocou para a direita no regime com uma rotação, aumentando os custos médios de produção nos seus valores modais, máximos e mínimo.

A Tabela 4 apresenta algumas estatísticas comparando as distribuições de probabilidade.

Tabela 4 – Estatísticas dos indicadores financeiros para os regimes de manejo

Rotações	Indicador	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	% Viabilidade
Duas	VAE	114,88	95,30	424,62	-1020,06	1791,28	58,73
	TIR	4,65	5,89	8,000	-99,75	22,78	58,69
	CMPr	53,40	53,32	3,479	44,46	63,55	67,40
Uma	VAE	11,70	-9,55	464,41	-1236,61	1840,71	49,25
	TIR	3,10	4,16	7,724	-85,49	21,63	49,22
	CMPr	55,18	55,09	3,658	45,74	66,14	49,13

Unidades: VAE – R\$/ha ano; TIR - % ao ano; CMPr – R\$/st.

Ao se comparar os valores da Tabela 4 para o Valor Anual Equivalente (VAE) dos dois regimes de manejo, percebe-se que os produtores, ao utilizarem regimes de manejo com duas rotações, adotam uma estratégia que, embora apresente uma rentabilidade máxima menor (máximo VAE), aumenta a rentabilidade esperada (maior média do VAE) e reduz o risco da atividade (menor desvio padrão e um valor mínimo mais próximo de zero). Também aumentam a probabilidade de sucesso do empreendimento, uma vez que quase 59% dos cenários com duas rotações foram viáveis, enquanto apenas 49% dos cenários com uma rotação o foram.

O comportamento da Taxa Interna de Retorno (TIR) já é um pouco diferente. No regime de manejo adotado, a TIR esperada e o percentual de cenários viáveis é maior, mas a distribuição dos valores é um pouco mais ampla (maiores valores absolutos de máximo e mínimo e um desvio padrão maior), evidenciando uma maior dispersão (risco) deste indicador no regime de manejo com duas rotações.

O Custo Médio de Produção (CMPr) apresenta comportamento semelhante ao VAE, mas com uma diferença maior entre o percentual de cenários viáveis, sendo que mais de 67% dos cenários simulados apresentaram um CMPr igual ou inferior ao preço da madeira (R\$ 55,00/st), enquanto apenas 49% dos cenários do regime com uma rotação atingiram este valor.

### 3.3. Impacto das variáveis de risco no resultado dos indicadores

A dispersão dos resultados dos indicadores em relação às variáveis de risco no regime de manejo com duas rotações pode ser observada na Figura 3.

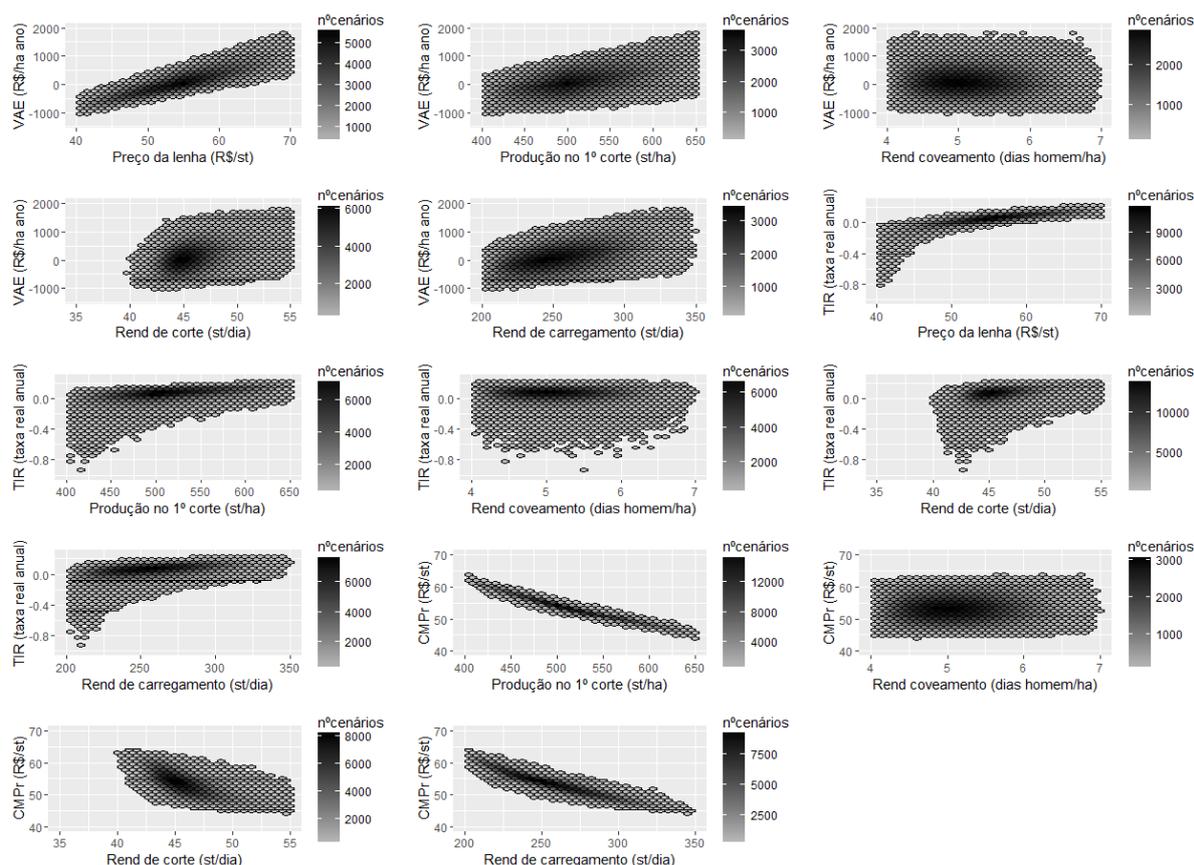


Figura 3 – Comportamento dos indicadores de viabilidade econômica em relação às variáveis de risco no regime de manejo com duas rotações

Dentre os gráficos de dispersão envolvendo o VAE no regime de manejo com duas rotações (Figura 3), as variáveis preço da lenha e produção são as que parecem apresentar maior correlação com o resultado do indicador, sendo que o preço apresenta uma dispersão dos valores do VAE para um dado preço menor do que a dispersão dos valores do VAE para uma dada produção. As variáveis de colheita também apresentam uma correlação positiva com o VAE, mas vale lembrar do elevado nível de correlação destas duas variáveis de risco com a produção. O rendimento de covejamento não pareceu apresentar nenhuma inclinação com os resultados obtidos para o VAE, além dos seus valores apresentarem elevada dispersão.

Um comportamento semelhante é observado na correlação da TIR com as variáveis de risco, sendo que valores muito negativos da TIR (e onde se concentram a sua maior dispersão) são observados para o terço inferior dos valores de preço da lenha e produção.

O Custo Médio de Produção apresenta um movimento muito correlacionado com a produção e de baixa dispersão dos valores para um dado nível de produção.

A Figura 4 apresenta a dispersão dos resultados dos indicadores em relação às variáveis de risco no regime de manejo com uma rotação.

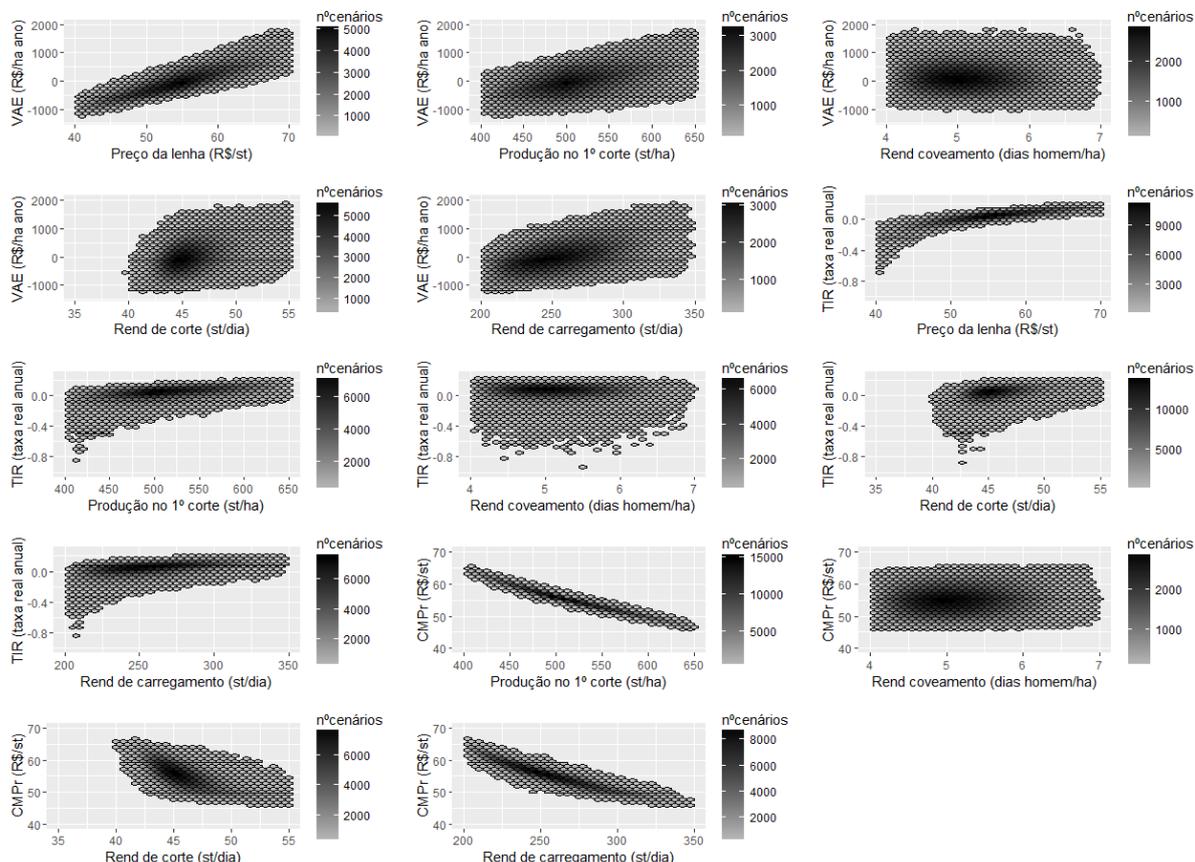


Figura 4 – Comportamento dos indicadores de viabilidade econômica em relação às variáveis de risco no regime de manejo com uma rotação

O comportamento da dispersão dos valores dos indicadores de viabilidade financeira com as variáveis de risco no regime de manejo com uma rotação é muito semelhante ao observado no regime de manejo com duas rotações. Entretanto, com valores extremos de maior amplitude, como pode-se observar na Tabela 4.

A correlação indica que as duas principais variáveis de risco que impactam na distribuição dos indicadores de viabilidade financeira são o preço da lenha posta no cliente (no caso do VAE e da TIR) e a produção esperada na idade de corte. Esta informação pode ser utilizada pelos produtores para buscar medidas de mitigação de risco, como elaborar contratos com garantia de preços e selecionar áreas para cultivo que possibilitem maiores produtividades.

#### 4. Conclusões

A análise de risco complementou a análise de viabilidade econômica do projeto em estudo, permitindo não apenas obter os valores modais dos indicadores de viabilidade econômica analisados, mas obter a sua distribuição, permitindo avaliar a probabilidade do plantio de eucalipto para lenha realizados pelos grandes produtores de Itapeva ser viável.

A estratégia padrão de manejo realizada pelos produtores ao se permitir a rebrota do plantio após o primeiro corte revelou-se acertada tanto para a maximização da renda obtida como para a redução do risco da atividade, uma vez que a probabilidade de viabilidade do projeto foi maior adotando um regime de manejo com duas rotações. Esta diferença foi ainda mais significativa se o foco for o custo médio de produção da madeira.

As variáveis de risco que apresentaram maior correlação com os valores dos indicadores econômicos foram o preço da madeira e a produção esperada, para os dois regimes de manejo avaliados.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa Florestas, pelo financiamento da pesquisa, à Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP) – Campus de Itapeva, pelo apoio na cessão do espaço para realizar as reuniões e pela participação de seus professores, às empresas e produtores florestais da região, pela participação nas reuniões e contribuições para a coleta dos dados e validação do sistema de produção modal delineado.

## 6. Referências

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; OLIVEIRA FILHO, D.; COSTA, D. R. Viabilidade econômica de produção de lenha de eucalipto para secagem de produtos agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 28-35, jan./abr. 2006.
- Banco Central do Brasil – Site Oficial. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pt-br/paginas/default.aspx>>. Acesso em: 13/09/2015.
- BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v. 21, n. 59, p. 185-193, jan./mar. 2007.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de madeira**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: IICA, 2007. 82 p. (MAPA. Agronegócios, v. 6).
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 468p.
- CASTRO, R. R. de; SILVA, M. L. da; LEITE, H. G.; OLIVEIRA, M. L. R. de. Rentabilidade econômica e risco na produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, MG, v. 13, n. 4, p. 353-359, out/dez 2007.
- CEPAGRI – CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 24 set 2015.
- DE ZEZ, S.; PERES, F.C. Painel agrícola como instrumento de comunicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 40, Passo Fundo, 2002. Anais. Brasília: SOBER, 2002.
- DOSSA, D; Silva, H.D. DA; BELLOTE, A.F.J.; RODIGHIERI, H.R. **Produção e rentabilidade do eucalipto em empresas florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 83).
- FIEDLER, N.C.; CARMO, F.C. de A. do; PEREIRA, D.P.; GUIMARÃES, P.P.; RÓS, E.B. da; MARIN, H.B. Viabilidade técnica e econômica de plantios comerciais em áreas acidentadas no sul do Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 745-753, out-dez 2011.

- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 775p.
- IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática: SIDRA. Rio de Janeiro RJ, 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- LAPPONI, J.C. **Projetos de investimento: construção e avaliação de fluxo de caixa**. São Paulo. Ed. Lapponi, 2000.
- MOREIRA, J. M. M. A. P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr./jun. 2011.
- MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. de; LIEBISCH, D.; MIKICH, S. B. **Avaliação econômica do cultivo de Pinus sp para um Sistema de Produção Modal nos estados do Paraná e Santa Catarina**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015, 39 p. (Embrapa Florestas. Série Documentos, 289).
- RESTREPO, H. I.; ORREGO, S. A. A comprehensive analysis of teak plantation investment in Colombia. **Forest Policy and Economics**, v. 57, p. 31-37, ago 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2015.05.001>
- REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2<sup>a</sup> Ed., Viçosa: UFV, 2011. 386 p.
- SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 24, n. 3, p.621-630, jul-set 2014.
- TAYLOR, R. G.; FORTSON, J. C. Optimum plantation planting density and rotation age based on financial risk and return. **Forest Science**, v. 37, n. 3, p. 886-902, 1991.
- WINSTON, W. L. **Operations research: applications and algorithms**. 4<sup>th</sup> ed. Canada: THONSON Brooks/Cole, 2004. 1434p.