



ANDRESSA FRANCINI FONSECA ANTUNES

**ANÁLISE DE RISCO APLICADA A ROTAÇÃO E
A REFORMA DE POVOAMENTOS DE
EUCALIPTO**

**LAVRAS - MG
2017**

ANDRESSA FRANCINI FONSECA ANTUNES

**ANÁLISE DE RISCO APLICADA A ROTAÇÃO E A REFORMA DE
POVOAMENTOS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Antônio Donizette de Oliveira

Orientador

LAVRAS – MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da
Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Antunes, Andressa Francini Fonseca.

Análise de risco aplicada a rotação e a reforma de
povoamentos de eucalipto / Andressa Francini Fonseca Antunes. -
2017.

98 p. : il.

Orientador: Antonio Donizette de Oliveira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Rotação Florestal. 2. Reforma Florestal. 3. Análise de
Risco. I. Oliveira, Antonio Donizette de. II. Título.

ANDRESSA FRANCINI FONSECA ANTUNES

**ANÁLISE DE RISCO APLICADA A ROTAÇÃO E A REFORMA DE
POVOAMENTOS DE EUCALIPTO**

***RISK ANALYSIS APPLIED TO THE ROTATION AND REFORM OF
EUCALYPTUS PEOPLES***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de abril de 2017.

Dr. Simão Corrêa Da Silva

UFLA

Dra. Ivonise Silva Andrade

Inventar GMB Consultoria

Prof. Dr. Antônio Donizette de Oliveira
Orientador

LAVRAS – MG

2017

À Andreza, minha avó (in memoriam), que na sua simplicidade, me ensinou a acreditar nos meus sonhos e trabalhar para torná-los realidade.

À Vilma e ao Oscar, meus pais, pelo amor incondicional e por acreditar nos meus sonhos.

À Cris, meus irmãos e sobrinhos, que sempre estiveram presentes, carinhosamente me encorajando a seguir.

Ao Marcelo, meu companheiro de vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pelas bênçãos e pelos encontros incríveis que Ele tem me proporcionado.

Ao meu orientador, Professor Dr. Antônio Donizette de Oliveira, por todo o aprendizado, pela paciência, apoio, carinho, disposição em ensinar e, principalmente, por acreditar em mim e nesse trabalho, serei eternamente grata!

Ao professor Simão, por todo suporte e aprendizado.

Ao Departamento de Ciências Florestais da UFLA, pelo curso e por todo o suporte oferecido.

Aos professores do DCF, pelos ensinamentos. Em especial, ao Lucas Gomide, pela ajuda com os dados.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e de recursos para o desenvolvimento do trabalho da dissertação.

Às meninas da “Casinha Feliz”, que foram a família que escolhi para dividir minha vida, e que com alegria estiveram ao meu lado.

Aos amigos que encontrei e reencontrei em Lavras, que tornaram essa caminhada mais prazerosa.

Aos amigos que tão bem me receberam em Campo Grande, em especial à Paula, que rapidamente se tornou família.

À Frigg Florestal, que me possibilita crescer e aprender a cada dia, em especial ao Kleber, por todo o aprendizado e apoio nessa nova fase da minha vida, e foram de fundamental importância na reta final desse trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

Muito obrigada!

RESUMO

A definição do momento adequado para cortar e reformar povoamentos de eucalipto é importante quando o manejador florestal tem como meta maximizar o lucro desta atividade. Este trabalho teve como objetivo determinar a rotação econômica e o momento ótimo de substituir povoamentos de eucalipto, em três sítios diferentes, em condições de risco. Na análise econômica foram considerados vários fatores ou variáveis de risco que afetam a rotação econômica e a reforma, e também, diversas possibilidades para a venda de madeira para a produção de carvão. O indicador financeiro ou variável de saída utilizado foi o Valor Presente Líquido, calculado para um horizonte de planejamento infinito. As principais conclusões do estudo foram: a rotação econômica foi de 6, 7 e 8 anos nos sítios I, II e III, respectivamente; agregar mais valor ao preço da madeira não afetou a rotação econômica, mas influenciou a viabilidade econômica e o risco da atividade florestal; antecipar ou postergar a rotação econômica implicou em reduzir a lucratividade e aumentar o risco de inviabilizar economicamente a atividade florestal; as variáveis preço da madeira e taxa de juros causaram os maiores impactos direto e inverso na lucratividade da atividade florestal, respectivamente; a reforma dos povoamentos dos sítios II e III deve ser feita após três cortes; no sítio I a reforma deve ser feita após três cortes, se a madeira for vendida em pé, e após dois cortes, se ela for vendida no local em que foi colhida ou no pátio da planta de carbonização; em sítios mais produtivos a agregação de valor à madeira tendeu a reduzir o número de cortes a ser feito nos povoamentos de eucalipto antes da reforma; o preço da madeira causou o maior efeito direto na lucratividade da atividade florestal, enquanto que a taxa de juros causou o maior efeito inverso.

Palavras-chave: Simulação de Monte Carlo. Reforma florestal. Rotação florestal. Talhadia.

ABSTRACT

The definition of the proper time to harvest and reform Eucalyptus stands is important when the forest manager aims maximum profit in the activity. This document goal is to determine the economic rotation and the optimal time to replace *Eucalyptus* stands at three different sites, under risk conditions. In the economic analysis were considered several factors or risk variables that affect the economic rotation and reform, also, several possibilities of wood sales for charcoal production. The financial indicator or output variable assessed was Net Present Value, calculated in an infinite planning horizon. The main conclusions of the study were: the economic rotation was six, seven and eight years for sites I, II and III, respectively; adding value to wood did not affect the economic rotation but did influence the economic viability and activity risk; anticipating or postponing the economic rotation reduced profits and increased the risk of turning the activity economically infeasible; The variables wood price and interest rate caused the greatest direct and inverse impacts on the profitability of the forest activity, respectively. The stand reform must be done after three harvests in sites II and III; The reform must be done after three harvests in site I only if the wood is sold by stumpage, and after two harvests if sold in the stand or carbonization plant; in more productive sites the value added to wood tended to reduce the number of cuts to be made in *Eucalyptus* stands before reform; the price of wood had the greatest direct effect on the profitability of forestry activity, while the interest rate caused the greatest inverse effect.

Keywords: Monte Carlo simulation. Reform. Harvest rotation. Coppice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplos de distribuições de probabilidades	40
Figura 2	Esquemas representativos da situação em que a reforma do povoamento ocorre sempre após o primeiro corte.....	51
Figura 3	Esquema representativo das épocas de ocorrência do VPL_{PI} e do VPL_{PR} , quando a reforma ocorre sempre após o primeiro corte.....	52
Figura 4	Esquemas representativos da situação em que a reforma do povoamento ocorre sempre após o segundo corte.	54
Figura 5	Esquema representativo das épocas de ocorrência do VPL_{PI} e do VPL_{PR} , quando a reforma ocorre sempre após o segundo corte.	55
Figura 6	Esquemas representativos da situação em que a reforma do povoamento ocorre sempre após o terceiro corte.	57
Figura 7	Esquema representativo das épocas de ocorrência do VPL_{PI} e do VPL_{PR} , quando a reforma ocorre sempre após o terceiro corte.	58
Figura 8	Comportamento do VPL_{∞} esperado nas diferentes situações de reforma, para os sítios I (a), II (b) e III (c).	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção volumétrica de madeira (m ³ /ha) para três sítios, em diversas idades da floresta.	44
Tabela 2 - Preços dos produtos florestais	44
Tabela 3 - Custos de formação e manutenção de povoamentos de eucalipto (R\$/ha).....	45
Tabela 4 - Custo de colheita da madeira de eucalipto para três sítios.	46
Tabela 5 - Custo de transporte da madeira de eucalipto do local de plantio ao pátio da planta de carbonização (R\$/m ³)	46
Tabela 6 - Variáveis de risco consideradas na determinação da rotação econômica em condições de risco.	49
Tabela 7 - Variáveis de risco consideradas na determinação do momento ótimo de reformar os povoamentos de Eucalipto.	59
Tabela 8 - VPL _∞ esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira em pé.	64
Tabela 9 - Coeficiente de correlação entre o VPL _∞ esperado e as variáveis de risco para venda de madeira em pé.	64
Tabela 10 - VPL _∞ esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira colhida.	67
Tabela 11 - Coeficiente de correlação entre o VPL _∞ esperado e as variáveis de risco para venda de madeira colhida.	67
Tabela 12 - VPL _∞ esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira entregue na planta de carbonização. (continua)	69

Tabela 13 - Coeficiente de correlação entre o VPL_{∞} esperado e as variáveis de risco para venda de madeira entregue na planta de carbonização.	71
Tabela 14 - Efeito da agregação de valor ao preço da madeira na rotação econômica, na viabilidade econômica e no risco do investimento.	73
Tabela 15 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma e sítio para venda da madeira em pé.	75
Tabela 16 - Coeficiente de correlação entre o VPL_{∞} esperado e as variáveis de risco.	77
Tabela 17 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma e sítio.	79
Tabela 18 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de risco e o VPL_{∞} , para as diferentes situações de reforma e sítio.	79
Tabela 19 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma, distância de transporte e sítio (continua)	82
Tabela 20 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de risco e o VPL_{∞} esperado, para as diferentes situações de reforma, de distância de transporte e sítio. (continua)	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	O eucalipto no Brasil	17
2.2	Rotação florestal	20
2.3	Reforma florestal	24
2.4	Talhadia	25
2.5	Avaliação econômica de projetos florestais	30
2.5.1	Critérios de avaliação econômica	31
2.5.1.1	Valor Presente Líquido (VPL)	31
2.5.1.2	Valor Anual Equivalente (VAE)	32
2.5.1.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	32
2.5.1.4	Razão Benefício-Custo (R(i)): A R(i)	33
2.5.1.5	Custo Médio de produção (CMPr)	33
2.5.1.6	Valor Esperado da Terra (VET)	34
2.5.2	Análise de risco	34
3	MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1	Custos e Receitas	43
3.2	Análise econômica da rotação florestal em condições de risco 46	
3.3	Análise econômica da reforma em condições de risco	49
3.4	Simulação e análise dos dados	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	Determinação da rotação econômica em condições de risco ...	61
4.1.1	Madeira em pé	61
4.1.2	Madeira colhida	65
4.1.3	Madeira entregue no pátio da planta de carbonização	68

4.1.4	Efeito da agregação de valor à madeira.....	72
4.2	Análise econômica da reforma em condições de risco	73
4.2.1	Madeira em pé.....	73
4.2.2	Madeira colhida.....	77
4.2.3	Madeira entregue na planta de carbonização.....	80
4.2.4	Efeito da agregação de valor à madeira.....	86
5	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS	91

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal é um importante fornecedor de matéria-prima utilizada pela indústria da construção civil e de transformação. Ao longo dos anos, o Brasil vem aumentando sua participação no comércio mundial de produtos florestais, principalmente em relação aos que são obtidos da madeira de espécies florestais dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. De acordo com IBÁ (2016), em 2015, o Brasil dispunha de 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas, que são responsáveis por 91% da produção madeireira do país, sendo que os plantios do gênero *Eucalyptus* representam 72% desse total.

O potencial produtivo do Eucalipto no Brasil se dá principalmente pelos fatores edafoclimáticos favoráveis e pelos investimentos em pesquisa e desenvolvimento da silvicultura, que possibilitaram aumento na produtividade e redução no tempo de rotação dos plantios. Além desses fatores, uma das características mais importantes das espécies do gênero *Eucalyptus* como produtora de madeira é a sua capacidade de brotação. Com isso, os povoamentos dessas espécies podem ser explorados em duas, três ou mais rotações, sem necessidade de uma nova implantação, diminuindo assim, os custos da madeira, quando se considera a produção nas sucessivas rotações (COUTO; BASTOS; LACERDA, 1989).

No início do século XX foram introduzidos os plantios comerciais com o gênero *Eucalyptus* no Brasil, e o manejo adotado na época previa ciclos de corte variando entre 6 e 10 anos e a condução de rebrota (talhadia). No entanto, devido ao nível tecnológico aplicado e a baixa sobrevivência das cepas, a produtividade florestal obtida na segunda rotação era muito variável, comumente menor que no alto fuste (SIMÕES, 1981).

Na década de 80, a silvicultura do eucalipto teve intensa evolução tecnológica. O surgimento de novos materiais genéticos, métodos de preparo de

solo, espaçamento de plantio, fertilização mineral e controle de plantas daninhas, proporcionaram grandes ganhos de produtividade, implicando a necessidade de alocação de materiais genéticos específicos para cada área e cada nível tecnológico. Assim, até recentemente, a reforma após o corte raso dos povoamentos foi o sistema de manejo florestal mais usado. A adoção do sistema de alto fuste foi plenamente justificada, pois dele decorreu um aumento crescente na produtividade: na década de 70, a produtividade média era $13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto hoje, supera os $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (GONÇALVES et al., 2015).

A produção de madeira de eucalipto utilizando o sistema de talhadas, com a condução de uma ou duas brotações, voltou a ser uma opção de manejo considerada pelas empresas florestais, a partir da crise mundial ocorrida em 2008. A adoção deste sistema de manejo por diversas empresas florestais foi motivada, principalmente, pelo fato de que os custos para sua implementação são menores do que os de implantação de novos plantios ou de reforma dos plantios já existentes.

De acordo com Silva (1990), dentre as atividades do manejo de eucaliptais, a reforma ou substituição de povoamentos é considerada uma das mais importantes, buscando a maximização do retorno do capital investido e proporcionando a continuidade da atividade florestal.

Segundo Souza et al. (2001), antes de se pensarem na questão da reforma propriamente dita, o conhecimento da idade em que os povoamentos serão cortados é ponto de capital importância em qualquer trabalho envolvendo manejo florestal. Só há sentido econômico em determinar a idade ótima de substituição, após determinar a idade ótima de corte. Para Rezende, Minette e Torquato (1987), a observância da idade ótima de corte tem expressiva importância no resultado econômico final do investimento florestal e, é vital em qualquer plano de manejo, pois, realizando-se a operação de corte fora desta

idade, o investidor florestal estará contribuindo para a elevação de seus custos de produção, deixando de obter o máximo retorno sobre o investimento.

Pelo exposto, parece evidente que no manejo de povoamentos de eucalipto, definir a idade ótima de corte ou rotação florestal e o momento em que os povoamentos devem ser substituídos ou reformados são decisões importantes, se o objetivo for maximizar lucro, já que elas influenciam diretamente a viabilidade econômica desta atividade florestal.

O longo prazo decorrido entre a implantação e o corte dos povoamentos de eucalipto, o alto investimento na implantação, manutenção, colheita e reforma dos mesmos, aliados às incertezas relacionadas à quantidade de madeira que será produzida, e ao seu preço de venda, permitem inferir que há riscos envolvidos nesta atividade. Assim, ao realizar qualquer análise econômica a ela relacionada, é preciso utilizar técnicas que permitam reduzir o risco no processo de tomada de decisões. Uma alternativa que tem sido utilizada para a análise de risco de projetos florestais é o método de Monte Carlo. Segundo Moore e Weatherford (2005) este método pode ser utilizado como alternativa na avaliação de projetos florestais nos quais os riscos envolvidos são expressos de forma simples e de fácil entendimento, e auxiliam a tomada de decisão. Assim, os indicadores deixam de ser determinísticos e passam a ser estocásticos ou probabilísticos.

1.1 Objetivos

- a) Determinar a rotação econômica de povoamentos de eucalipto para diferentes sítios, em condições de risco;
- b) Determinar o momento ótimo de substituir povoamentos de eucalipto considerando a tecnologia constante, para diferentes sítios, em condições de risco;

- c) Analisar a influência de diversos fatores na determinação da rotação econômica e do momento ótimo de substituir povoamentos de eucalipto;
- d) Analisar o efeito da agregação de valor à madeira na rotação econômica e no momento ótimo de substituir povoamentos de eucalipto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O eucalipto no Brasil

Conforme Siqueira (1990), logo após o descobrimento do Brasil, a atividade florestal se instalou através da exploração do pau-brasil, que durante muito tempo, se desenvolveu como principal atividade econômica. Antonangelo e Bacha (1998) citam que até o início dos incentivos fiscais aos reflorestamentos (aprovados em 1965 e iniciados em 1966), existia uma atividade florestal extrativista, nômade, onde ocorriam poucos reflorestamentos. Durante esse período houve esforços pioneiros na introdução de plantios homogêneos de *Eucalyptus* e *Pinus*, muitos dos quais com intuito científico ou ornamental.

Segundo Pereira et al. (2000) o gênero *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil no ano de 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, e a espécie plantada foi o *Eucalyptus gigantea*. O gênero foi plantado apenas com a finalidade de ornamentação ou para servir de quebra-ventos, devido ao seu surpreendente crescimento, até o início do século XX.

De acordo com Martini (2004), em 1904, foram feitos os primeiros plantios florestais do gênero *Eucalyptus* com objetivo econômico. Para sanar as necessidades de matéria prima destinada à produção de dormentes e lenha para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, o silvicultor Edmundo Navarro de Andrade estudou várias espécies nativas, tais como: peroba, cabreúva, jequitibá, jacarandá paulista, pinheiro-do-paraná e cedro; e outras exóticas, como o *Eucalyptus globulus*, implantado com sementes trazidas de Portugal. No ensaio, desenvolvido no Horto de Jundiaí-SP, entre 1904 e 1909, o eucalipto se destacou de tal forma que a empresa optou pelas espécies desse gênero para produzir lenha para suas locomotivas e dormentes para suas estradas de ferro.

Segundo Antonangelo e Bacha (1998), em 1924, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro possuía nove propriedades agrícolas ao longo de suas linhas férreas, plantadas com 8 milhões de árvores de eucalipto, e distribuídas de acordo com a necessidade de combustível. Em 1939, o número de árvores de eucalipto já estava em 19 milhões.

Quando o setor florestal passou a receber maior atenção, o que ocorreu na década de 60, surgiram as primeiras escolas de Engenharia Florestal no Brasil. Houve a criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, IBDF (incorporado pelo atual Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - Ibama) e houve a implementação de facilidades fiscais que tornaram o reflorestamento uma operação de larga escala (ANTONANGELO; BACHA, 1998).

De acordo com Pereira et al. (2000), até 1966, haviam sido plantados 470 mil hectares de eucalipto no Brasil, dos quais 80% no estado de São Paulo. Bacha (1995) afirma que, com a criação do Programa de Incentivos Fiscais ao Florestamento e Reflorestamento, houve, a partir de 1967, uma grande expansão da área reflorestada no Brasil, que saltou de quase 500 mil hectares para 5,9 milhões de hectares em 1984. Contudo, Antonangelo e Bacha (1998) ressaltam que tal expansão não se deveu apenas ao Programa de Incentivos Fiscais, mas também, a outros programas públicos federais e estaduais, e ao plantio privado não incentivado pelo governo. Outro fator que influenciou esse aumento foi a demanda criada pelo Programa Nacional de Papel e Celulose, pelo Programa de Siderurgia a Carvão Vegetal e pelo Programa de Substituição Energética.

Antonangelo e Bacha (1998) mostram que com o início dos incentivos fiscais ao reflorestamento, a silvicultura brasileira inicia uma nova fase, onde há aumento da atividade empresarial na silvicultura, aumento do número de profissionais vinculados, grande evolução da ciência florestal e grande crescimento da área reflorestada no Brasil.

Os valores disponibilizados pelos incentivos cobriam quase a totalidade dos custos de implantação e manutenção até os primeiros anos de plantio, o que gerou produtores despreocupados com os custos de produção, e pouco se investiu em pesquisa, embora Antonangelo (1996) tenha mostrado que a produtividade dos eucaliptais cresceu 129% entre 1968 e 1988, passando de 17,5 para 40,0 estéreos/ha/ano.

Após o término dos incentivos surge uma nova silvicultura, preocupada com a eficiência, valorizando a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, buscando a redução dos custos de produção e melhoria nos níveis de produtividade, visando uma maior competitividade no mercado (ANTONANGELO; BACHA, 1998).

Atualmente a atividade florestal no Brasil, especialmente os plantios de produção com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, compreendem a base de matéria prima para uma cadeia produtiva diversificada, e integrada em uma economia estruturada sob a competitividade dos processos.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2014), o setor florestal brasileiro vem perdendo competitividade no mercado internacional. Em 2013, a inflação do setor de árvores plantadas cresceu 2,3% a mais do que a média da economia brasileira. Entre 2003 e 2013, o custo da madeira para produção de celulose de fibra curta (eucalipto), no Brasil, aumentou 93%. Durante esse mesmo período o Chile teve um aumento de 20%, a Finlândia teve aumento de 15% e os EUA teve redução de 22%. Entre 2006 e 2013, a rentabilidade média das empresas nacionais de celulose teve uma redução de 15%, enquanto no mesmo período, os principais países competidores do mercado mundial de celulose tiveram uma redução de 6%. No segmento de painéis de madeira, a rentabilidade potencial reduziu cerca de 6% e no ramo de madeira serrada, cerca de 14%.

2.2 Rotação Florestal

De acordo com Souza, Rezende e Oliveira (2001), antes de se pensarem na questão da reforma propriamente dita, o conhecimento da idade em que os povoamentos deverão ser cortados é um ponto de fundamental importância.

Segundo Jöbstl (2011), rotação florestal é o período de tempo médio de produção previsto para um empreendimento florestal, e é considerado fator importante na sustentabilidade da floresta. De acordo com Resende (2004), dentro do planejamento e manejo florestal, o principal objetivo é a maximização do lucro, dentre as técnicas utilizadas para alcançar tal objetivo, a correta determinação da rotação florestal se destaca como uma das mais importantes.

Rezende (1984), citado por Silva (2001), define os três tipos de rotação consagrados na literatura:

- a) Rotação Silvicultural ou de Máximo Incremento Médio: corresponde ao período em que ocorre a maior produção volumétrica por unidade de tempo. É conhecida pelo ponto onde o Incremento Corrente Anual (ICA) se iguala ao Incremento Médio Anual;
- b) Rotação Econômica: corresponde ao ponto onde há maximização do lucro;
- c) Rotação Técnica: o corte da floresta ocorre quando a mesma atinge as características desejáveis, por exemplo: diâmetro, densidade, dentre outros, atingindo certas restrições da indústria.

Rodriguez (1997) afirma que a definição da idade ótima, ou rotação, pode ser feita para um talhão ou para todo o povoamento. Sendo que, embora trabalhar com o povoamento apresente maior grau de dificuldade e maior volume de informações, há a possibilidade do desenvolvimento do conceito de

regulação florestal. De acordo com Rodriguez (1997), a regulação florestal consiste em fazer com que, ao final de um ciclo, a floresta apresente todas as classes de idade, desde um ano à idade de corte, onde a razão é o intervalo entre as colheitas. De acordo com o autor, a regulação florestal promove a maximização do lucro.

Portanto, a determinação da rotação florestal pode ser realizada de diversas formas. Para Rodriguez (1991), existem três métodos: maximização da produção anual média, obtido a partir do Incremento Médio Anual (IMA); determinação da maturidade financeira da produção florestal e; método da maximização do valor presente líquido para horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}).

Existem vários fatores que podem influenciar a idade ótima de corte, tanto no aspecto técnico quanto no econômico. Em termos técnicos, destacam-se a espécie, o espaçamento, o sítio, a finalidade da madeira e a quantidade de insumos. Já em termos econômicos, destacam-se preço da madeira, custos de produção, taxa de desconto utilizada, valor da terra e horizonte de planejamento (CHICHORRO, 1987; LIMA JÚNIOR; REZENDE; SILVA, 1999).

Rezende e Oliveira (1994) chamam atenção para o fato que não existe uma idade ótima comum para todos os povoamentos, e que a definição da idade de rotação deve ser feita observando individualmente cada projeto, já que os custos, as receitas e a produtividade, são particulares. Os mesmos autores, ao estudarem as interações entre as rotações de alto fuste e talhadia, em povoamentos de eucalipto para vários horizontes de planejamento, concluíram que o horizonte de planejamento afeta diretamente a idade ótima de corte. Outro ponto questionado é que a idade ótima de corte do povoamento atual, independente do regime de manejo, influencia as idades ótimas de corte dos povoamentos anteriores e não dos povoamentos futuros, logo, o planejamento do ciclo produtivo tem que ser feito de forma precisa, e não se deve adotar idade de

corte fixa para diferentes rotações do mesmo povoamento. Contudo, Lopes (1990) argumenta que, mesmo sabendo que do alto fuste para as talhadias a idade de corte pode mudar, para fins de cálculo esta variação pode ser desprezada.

Resende et al. (2004) testaram a utilização do modelo de crescimento e produção de Clutter, para determinar a rotação em povoamentos de eucalipto que apresentavam diferentes índices de sítio. Eles compararam a rotações técnica e econômica dos plantios, utilizando como indicadores o Incremento Médio Anual (IMA) e o Valor Presente Líquido com horizonte infinito (VPL_{∞}), respectivamente, a fim de possibilitar a comparação de diferentes idades. Os autores observaram que as rotações apresentaram idades ótimas distintas entre si e, que essas ainda diferiram quando houve variação do sítio, ressaltando que a adoção de uma rotação média por projeto, pode levar a perdas significativas na receita.

Ferreira et al. (2004), em seus estudos, concluíram que variações proporcionais no diâmetro mínimo aproveitável do fuste e/ou no comprimento das toras em que o fuste é seccionado, implicaram em variações diretamente proporcionais na idade ótima de corte dos plantios, e que a elevação de fatores como a taxa de desconto e nível de produtividade causam redução na idade ótima de corte dos plantios. Verificaram também que a rotação é influenciada pelo espaçamento e pela qualidade do sítio. E ressaltam que há grandes prejuízos econômicos quando os plantios são cortados em idades diferentes da idade ótima, principalmente se eles estiverem em sítios mais produtivos.

Alvarenga (1976), estudando a idade econômica de corte de eucalipto para condições da zona da mata de Minas Gerais, verificou que os resultados apresentavam significativa variação entre os níveis de produtividade, para uma mesma taxa de desconto. Observou ainda que, de modo geral, quando o nível de

produtividade diminuía, ocorria um aumento da idade de corte para o plantio original; para a primeira brotação, foi observado o inverso.

Rezende e Oliveira (1994) analisaram a influência do custo da terra na definição da rotação florestal. Eles compararam a rotação ótima de um plantio de *Eucalyptus* spp. implantado no cerrado de Minas Gerais, considerando um horizonte de planejamento de um, três e infinitos cortes, e uma taxa real de desconto de 8% ao ano. Os autores observaram que os incrementos nos custos da terra anteciparam a rotação nos três horizontes. Eles ainda afirmaram que podem ocorrer duas situações distintas: em regiões de menor custo da terra, o efeito dessa variável é pequeno, o oposto é observado em regiões que apresentam elevado custo da terra.

Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005) observaram que a determinação do momento ótimo da rotação econômica e da reforma sofrem influência direta dos tributos aplicados a todas as fases de produção. Os autores concluíram que quando desconsiderado o valor dos tributos, a rotação era adiantada de oito para sete anos, e a reforma era adiantada de quatro para três rotações. Portanto, não considerar os tributos pode antecipar indevidamente a rotação e a reforma.

Klein, Scheneider e Finger (1992) avaliaram a influência da distância, da produtividade da floresta e do número de rotações sobre o valor esperado da terra, e encontraram que maiores distâncias conjugadas com sítios menos produtivos e um menor número de rotações resultam em menores valores da terra, sendo as terras mais produtivas, mais próximas à fábrica, e com maior número de rotações, as que fornecem maiores valores da terra.

Em geral, há uma relação inversa entre a idade ótima de corte e a produtividade florestal, ou seja, quanto mais produtivo o sítio, menor a idade ótima de corte da floresta, e vice-versa. Este comportamento da idade de corte foi comprovado nos estudos de Gomes, Maestri e Sanquetta (1998), Lopes (1990), Rezende, Minette e Torquato (1987) e Silva, Machado e Ladeira (1995).

Ferreira et al. (2004), ainda afirmam que muitas empresas, com o objetivo de suprir sua demanda por madeira, e equilibrar os custos, estão realizando o corte em uma idade inferior a determinada por indicadores econômicos. Ao adiantar ou atrasar a idade do corte ocorre perda de lucratividade, já que qualquer empreendimento que busque a maximização do lucro deve obedecer à rotação econômica. Contudo, os prejuízos são maiores quando a idade de corte é antecipada do que quando ela é realizada tardiamente.

2.3 Reforma Florestal

Para Simões et al. (1981) a reforma do povoamento florestal consiste na substituição de talhões de potencial produtivo muito baixo por um novo povoamento. Esses autores ressaltam que uma das principais dificuldades é definir qual a alternativa mais viável de condução do povoamento após o corte do alto fuste, ou da primeira talhadia.

Rezende, Minette e Torquato (1987) definiram a reforma de um povoamento florestal, como sendo a substituição considerada quando o povoamento não produz de maneira satisfatória, referindo-se a uma situação na qual o povoamento ainda é capaz de executar suas funções, mas pode ser alterado (interplântio ou adensamento) ou completamente substituído.

Rezende, Paula e Ribeiro (1987) apontam alguns fatores econômicos que devem ser considerados na decisão entre conduzir ou reformar o povoamento. Para condução da brotação é necessário um menor grau de investimento, contudo, existem problemas de falhas nas brotações. Plantios novos são mais produtivos que o reflorestamento substituído, devido ao progresso tecnológico, contudo, é uma prática mais onerosa que a condução.

Para a tomada de decisão do número de rotações por ciclo e a idade de corte em cada rotação, deve-se levar em consideração, além da produtividade da

brotação, os custos da reforma e manutenções, os preços dos produtos obtidos em cada rotação e a taxa de juros utilizada. A adoção da reforma ou condução da brotação é influenciada diretamente pela demanda de produtos, disponibilidade de terra para novos plantios, avanços tecnológicos, dentre outros (NOBRE; RODRIGUEZ, 2001).

Rezende, Souza e Oliveira (2001), em seus estudos, utilizaram o VPL na avaliação econômica para determinar o momento ótimo da reforma em situações onde o custo se mantém constante e há um aumento das receitas. Os autores concluíram que a rotação florestal com valores da época do estudo é aos 7 anos de idade; mantidos os custos da década de 60, a idade ótima de substituição estaria após 6 cortes. De acordo com esses autores, as idades ótimas de substituição caíram ao longo dos anos, passando dos 6 cortes na década de 60, quando havia prejuízo, para 3 cortes na década de 80, quando se começou a obter lucro com a atividade. E no início dos anos 2000, a substituição deveria ser realizada após 2 cortes; para os futuros plantios, verificou-se uma tendência de permanecer nos 2 cortes antes da substituição, porém, pequena melhora tecnológica na produtividade das talhadas passa o ponto ótimo de substituição para após o 3º corte.

2.4 Talhadia

Uma das características mais importantes das espécies do gênero *Eucalyptus* como produtora de madeira é a sua capacidade de brotação. Com isso, os povoamentos dessas espécies podem ser explorados em duas, três ou até quatro rotações sem necessidade de uma nova implantação, diminuindo assim, os custos da madeira em pé quando se considera a produção nas sucessivas rotações (COUTO; BASTOS; LACERDA, 1989).

Stape (1997) cita que os principais fatores que podem afetar a produtividade da brotação das cepas e, conseqüentemente, o resultado econômico final são: espécie, procedência ou clone; sobrevivência de cepas; altura do corte; sombreamento de cepas; face de exposição do terreno; formigas cortadeiras; cupins; tipo de solo; época do corte; nível de matocompetição; época e forma de desbrota; danos à cepa e ao solo durante a colheita; déficit hídrico; precipitação e interplântio.

Ferrari, Ferreira e Silva (2005) afirmam que a capacidade de brotação varia bastante para as diferentes espécies em diferentes locais. Os autores demonstram que fatores ambientais como solo, clima e regime pluviométrico, e a estação do ano, interferem diretamente no processo de brotação das cepas, e podem influenciar na tomada de decisão sobre a aplicação do regime de talhadia no povoamento florestal. Citam ainda, que é importante que antes de uma decisão, embora uma determinada espécie seja citada como de alto potencial para rebrota em locais de climas diferentes do de interesse, que se confirme *in loco* essa potencialidade.

Simões e Coto (1985), em seus estudos, concluíram que o número de brotos por touça, influenciou diretamente na expressão da área basal, bem como a fertilização influenciou o crescimento em área basal, como também o volume cilíndrico. A sobrevivência das cepas e a densidade básica da madeira não foram afetadas pelo número de brotos nem pela fertilização.

Matthews (1992) e Underdown e Bush (2002) argumentam que, como resultado de um sistema radicular estabelecido, a produtividade da talhadia pode ser até 25% mais elevada que a do alto fuste. Contudo, perdas por mortalidade e/ou danos aos tocos pós-colheita, podem reduzir drasticamente o rendimento da talhadia em comparação com o da reforma.

Whittock, Greaves e Apiolaza (2004) utilizaram um fluxo de caixa descontado para comparar a viabilidade da talhadia e da reforma após o primeiro

corte de *E. globulus*. Os autores concluíram que a produtividade da talhadia corresponde em média a 90% da matéria seca do alto fuste, e que para justificar a reforma após o primeiro corte é necessário que o novo plantio apresente uma produtividade de no mínimo 15% a mais que o plantio anterior. Os autores identificaram que quanto maior a taxa de juros empregada, maior deve ser a produtividade do plantio reformado para que esse seja mais viável economicamente que a condução da brotação.

Desde a introdução comercial do *Eucalyptus* no Brasil, no início do século XX, a condução de rebrota (talhadia), para a produção de lenha, com ciclos de corte de 6 a 10 anos, foi o manejo predominantemente associado à eucaliptocultura. No entanto, devido as inúmeras espécies/procedências de *Eucalyptus*, a diversidade de condições edafoclimáticas e aos diferentes níveis tecnológicos de implantação e de colheita adotados, a produtividade florestal obtida na segunda rotação era muito variável, comumente menor que no alto fuste (SIMÕES et al. 1981). A baixa sobrevivência das cepas, decorrentes de características do genótipo e de danos físicos às cepas durante a colheita e baldeio da madeira, era a principal causa.

Segundo Gonçalves et al. (2015), na década de 80, a silvicultura do eucalipto teve intensa evolução tecnológica. O surgimento de novos materiais genéticos, métodos de preparo de solo, espaçamento de plantio, fertilização mineral e controle de plantas daninhas, proporcionaram grandes ganhos de produtividade, implicando a necessidade de alocação de materiais genéticos específicos para cada área e cada nível tecnológico. Assim, até recentemente, o replantio (reforma) após o corte raso dos povoamentos foi o sistema de manejo florestal mais usado. A adoção do sistema de alto fuste foi plenamente justificada, pois dela decorreu um aumento crescente na produtividade: na década de 70, a produtividade média era $13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto, hoje, supera os $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Mais recentemente, em 2008, após a crise econômica mundial, a produção de madeira por meio da condução da brotação de eucalipto volta ao centro das discussões, haja vista que para contenção de despesas, muitos empreendimentos florestais cessaram seus programas de implantação e reforma florestal, passando a adotar a talhadia como única forma de manejo. Em levantamento realizado em 2013, pelo Programa Temático de Silvicultura e Manejo (PTSM), programa cooperativo de P&D vinculado ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), foi verificado que 300 mil hectares (23%) das plantações de eucalipto das empresas associadas ao PTSM estavam sendo conduzidas no sistema de talhadia. Dados divulgados pela ABRAF (2013), relativos às suas empresas florestais associadas, mostraram considerável evolução da área com florestas de eucalipto manejadas sob o sistema de talhadia. Em 2008, aproximadamente 5% da área plantada com eucalipto foi manejada neste sistema e, 91%, foram reformadas. Em 2009, como um dos reflexos diretos da crise econômica mundial, as plantações em talhadia corresponderam a 25% da área total plantada. Assim, o manejo por talhadia passou a receber mais atenção entre os silvicultores e pesquisadores, constituindo-se novamente, em uma boa opção de manejo florestal economicamente viável (GONÇALVES et al., 2015).

De acordo com Arbex e Silva (2015) o manejo por talhadia evoluiu nos últimos anos, tanto em percentual da área plantada, como em sobrevivência das brotações, devido a mudança de conceito. Anteriormente, pouca tecnologia era empregada, e poucas pesquisas desenvolvidas, ocasionando baixa produtividade e sobrevivência das brotações, contudo, ao se compreender que esse manejo exigia um nível de gestão e planejamento semelhante ao de uma área de implantação ou reforma, foi possível associar esse manejo a um alto nível de tecnologia tornando-o sustentável e economicamente viável. Os mesmos autores identificaram uma redução de 40% nos custos de produção quando comparado o

manejo da talhadia à reforma, enquanto a produtividade reduziu em média 10,4% em relação ao alto fuste. O reflexo final do manejo por talhadia é mais bem avaliado quando se compara o custo da madeira colocada na fábrica, de R\$ 23,00/m³ para áreas de reforma e de R\$ 16,00/m³ para área manejada por talhadia.

De acordo com Gonçalves et al. (2015), o manejo da brotação de *Eucalyptus* proporciona cerca de 30% de redução de custos na formação de um povoamento de eucalipto. Sob o ponto de vista ambiental, quando comparado a reforma ou implantação de uma nova área, esse sistema silvicultural resulta em um menor consumo de água e redução no uso de fertilizantes e de combustíveis fósseis. Chaves e Marrichi (2015), em seus estudos, mostraram uma redução de 33% nos custos de produção do manejo da talhadia quando comparado a reforma, considerando a condução da floresta como sendo bastante vantajosa, tanto nos aspectos econômicos como silviculturais e ambientais, independentemente de períodos econômicos críticos.

Almado (2015), afirma que a decisão de conduzir a brotação é estratégica e deve-se considerar alguns fatores: produtividade da próxima rotação, distância do talhão, custo de formação de novo plantio, custo do manejo da brotação, necessidade de renovação do clone, readequação do material genético, abastecimento da usina, dentre outros. O manejo da brotação deve ser visto como novo plantio, não admitindo falta de execução de atividades que, em um plantio normal, não são tolerados. Deve-se utilizar mecanismos que auxiliem na tomada de decisão, como as técnicas de planejamento otimizado e a aplicação de princípios financeiros de análise de fluxos de caixa.

Para que realmente haja maximização do lucro, torna-se obrigatoriamente necessário, pesquisas que visem o aumento de produtividade e a redução dos custos. Segundo Souza et al. (2001), a tendência do Setor Florestal Brasileiro é trabalhar na redução dos custos, visto que o país já apresenta altos

índices de produtividade e, que qualquer ganho neste campo, seria pequeno (principalmente em áreas de baixa produtividade).

Embora o setor florestal tenha atingido altas produtividades, a redução nos custos de produção esperada no início dos anos 2000 não foi alcançada. De acordo com o IBÁ (2014), houve um aumento de 93% no custo de produção florestal entre os anos de 2003 e 2013, o relatório aponta como principais responsáveis por esse aumento: aumento real de salários, infraestrutura deficiente e altos custos de logística, altos custos de energia, insegurança jurídica, licenciamento ambiental burocrático, tributação complexa e excessiva, juros onerosos sobre capital de giro, legislação trabalhista excessivamente onerosa e ausência de uma política setorial.

2.5 Avaliação econômica de projetos florestais

Na área florestal, por se tratar de empreendimentos com longo horizonte de planejamento, é fundamental a aplicação de critérios de análise econômica que auxiliam a decisão sobre qual o melhor projeto, ou quais alternativas de manejo a serem adotadas, já que a viabilidade do empreendimento está diretamente relacionada ao manejo adequado da floresta (REZENDE; OLIVEIRA; RODRIGUES, 2005).

A utilização de critérios técnico-econômicos torna mais segura a tomada de decisões como: rotação econômica, época e intensidade de tratamentos silviculturais, espaçamento, adubação, dentre outras (LOPES, 1990).

A avaliação econômica de projetos pode ser realizada utilizando-se métodos determinísticos e probabilísticos, onde métodos determinísticos têm como base de sua avaliação, o histórico da operação e a experiência de planejadores e operadores (AMARAL; BORGES; REI, 2009).

De acordo com Rezende e Oliveira (2013) existem vários métodos para se analisar e selecionar projetos e não existe um consenso sobre qual é o mais correto. Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos sobre análise econômica de projetos florestais, e a maioria destes, usam critérios que consideram a variação do capital no tempo como: Taxa interna de retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE), Razão Benefício/Custo (B/C) e Custo Médio de Produção (CMPr).

Outros critérios muito utilizados são: Tempo de Retorno de Capital (*pay-backperiod*- T), que considera a taxa de desconto nula, e o Valor Esperado da Terra (VET), que é considerado o preço máximo de compra da terra nua a ser utilizada (REZENDE; OLIVEIRA, 2013; SILVA; JACOVINI; VALVERDE, 2002).

Uma das mais importantes etapas de um projeto é a elaboração do fluxo de caixa, o qual é obtido a partir de informações relacionadas com receitas e custos. A partir dos resultados desse fluxo, pode-se estimar e analisar indicadores de viabilidade, os quais permitirão avaliar as decisões acerca de um projeto de investimento (MATOS, 2002).

2.5.1 Critérios de avaliação econômica

2.5.1.1 Valor Presente Líquido (VPL)

É a diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos custos, mas é também definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. O VPL é o desconto, de todos os fluxos de caixa esperados, para o presente. O projeto que apresentar VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado melhor aquele que apresentar maior VPL (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

A taxa de desconto é utilizada para se comparar os valores presentes com os futuros e vice-versa; um fator extremamente importante em projetos de longa duração, como projetos florestais. Essa taxa pode oscilar por meio da inflação, dos riscos e da incerteza acerca do investimento, a preferência temporal e a produtividade do capital. A escolha dessa taxa de forma adequada é de suma importância, já que em investimentos a longo prazo, pequenas diferenças na taxa de desconto podem causar diferenças drásticas no valor futuro do investimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

2.5.1.2 Valor Anual Equivalente (VAE)

O VAE é uma série de parcelas constantes ao longo do período do projeto, onde o valor ao final é equivalente ao VPL. Ou seja, o VAE transforma o valor atual do projeto ou o seu VPL em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalentes ao valor atual, durante a vida do projeto (SILVA; JACOVINI; VALVERDE, 2002).

O VAE é utilizado para comparar projetos com diferentes durações. O Cálculo permite a distribuição uniforme do VPL entre os anos de vigência do projeto. O projeto será considerado economicamente viável se apresentar VAE positivo, indicando que os benefícios periódicos são maiores que os custos periódicos. Quanto à seleção de opções, deve ser escolhida a que apresentar maior VAE, para determinada taxa de desconto (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

2.5.1.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

É conceituada como taxa anual de retorno do capital investido. Essa taxa tem a propriedade de igualar as receitas e custos do projeto, tanto presentes, quanto futuras. Contudo, a TIR só pode ser considerada como a rentabilidade do

capital investido, se, após o término do projeto, os recursos por ele liberados durante sua ocorrência forem aplicados a uma taxa igual a TIR, podendo ser interpretada como um limite superior para a estimativa de rentabilidade do projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

A TIR pode ser utilizada na comparação de projetos, porém, esse método deve ser evitado quando os projetos apresentam horizontes de maturação diferentes, e não deve ser utilizado em casos onde o volume de capital requerido para um projeto é muito diferente daquele requerido pelo projeto competitivo (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Outro cuidado que deve ser tomado no uso da TIR é quando os projetos tiverem mais de uma mudança de sinal no seu fluxo de caixa já que podem existir múltiplas TIR. Se o projeto tiver mais de uma TIR, recomenda-se não utilizar este critério, valendo-se dos outros métodos (BRUNI; FAMÁ, SIQUEIRA, 1998).

2.5.1.4 Razão Benefício-Custo (R(i)): A R(i)

É a relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos, para dada taxa de desconto. Nesse caso, o projeto será viável economicamente se $R(i) > 1$ e quanto maior esse valor mais viável é o projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

2.5.1.5 Custo Médio de Produção (CMPr)

É o custo por unidade produzida, sendo o resultado da razão entre o Custo Total no momento zero e a Produção Equivalente também no ano zero. Esse indicador não é utilizado na comparação de projetos quando os mesmos apresentam produtos finais diferentes (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

2.5.1.6 Valor Esperado da Terra (VET)

Não é considerado como critério de avaliação de projetos. Apesar disso, é muito utilizado no setor florestal na determinação da rotação e para a comparação de projetos. Um investimento será considerado viável economicamente se o VET for superior ao valor da terra que será usada para a implantação do projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Amaral, Borges e Rei (2009), apontam esses critérios como uma forma determinística de analisar projetos, que apresentam como vantagens a implementação direta e uma fácil interpretação dos resultados. Contudo, não consideram a natureza estocástica da operação do sistema, podendo gerar resultados muito conservativos ou de baixa significância.

2.5.2 Análise de risco

De acordo com Coelho Junior et al. (2008), a produção florestal é caracterizada como um investimento de médio a longo prazo e imobiliza um alto capital na implantação do projeto. A produção de madeira como fenômeno biológico deve ser caracterizada como um evento probabilístico e não um evento determinístico, pois sua produtividade envolve sempre um grau de risco ou incerteza.

Para Holecy e Hanewinkel (2006), incerteza é uma probabilidade de ocorrência desconhecida, risco é quando se sabe qual a probabilidade de um evento ocorrer, é um perigo expresso quantitativamente em termos de probabilidade. Assim, por menor que o risco seja, está presente em qualquer situação e deve ser levado em consideração (LOISEL, 2011).

Segundo Volpi (1997), uma situação de risco ocorre quando é possível ao tomador de decisões, estimar as probabilidades relativas a várias

características e resultados. A observação de dados históricos, muitas vezes definem distribuições de probabilidade exatas para algumas variáveis. Incerteza corresponde à situação onde o tomador de decisão não possui informações históricas sobre as variáveis e precisa fazer estimativas aceitáveis. E de acordo com Noce et al. (2005), a correta determinação do risco/retorno dos produtos florestais favorece a alocação futura de investimentos no setor, tornando o setor competitivo para a captação de recursos.

Coates e Kuhl (2003) consideram que problemas onde todas as variáveis são determinísticas, dentro da engenharia econômica, é a exceção, já que informações como fluxos de caixa reais, valor residual de equipamentos, taxa de juros e a duração de um projeto, dificilmente são conhecidas com exatidão.

Coelho Junior et al. (2008), ressaltam que as variáveis taxas de juros, preço da terra, preço da madeira, custo de colheita, custo de transporte e custo de implantação, possivelmente são as que mais influenciam na viabilidade de empreendimentos florestais.

Dentre os fatores relacionados ao processo produtivo, cita-se as incertezas quanto à quantidade e frequência de chuvas, variabilidade na disponibilidade hídrica em fontes de abastecimento de sistemas de irrigação e a produtividade de culturas; incertezas quanto a custos de produção, preço de venda de produtos e taxas de juro, podem ser citadas como fatores de risco relacionados a economia (TAVARES et al., 2011).

Volpi (1997) cita diversos fatores que podem agregar risco ou incerteza aos empreendimentos, como: a modificação da tecnologia empregada, que pode provocar alteração dos custos; a taxa de desconto utilizada no planejamento; erros de estimativas de produtividade, sítios etc.; a possibilidade de mudança da estratégia utilizada, como adoção de outra idade de corte; a alteração da política da empresa, como expansão da planta industrial e a alteração da demanda de produtos, em decorrência da presença de novos concorrentes ou produtos

complementares. Alguns desses fatores são internos à empresa, sobre os quais ela pode exercer influência e reduzir o risco. Os demais, em geral, estão fora de seu controle e são vinculados aos fatores inerentes ao sistema. E mesmo eliminando-se todos os fatores possíveis, o processo ainda pode produzir variabilidade nas respostas.

Quando se analisa um orçamento para o controle de um possível risco, pode-se adotar os critérios sugeridos por Brigham e Ehrhardt (2006), para gerir o risco com maior eficácia. Os critérios recomendados são respectivamente: identificar os riscos que a empresa enfrenta, medir os efeitos potenciais de cada risco, decidir como cada risco relevante deve ser tratado; comprar um derivado para reduzir o risco (investir em irrigação preventiva para a floresta implantada), reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos adversos (combate preventivo a pragas); e reduzir a magnitude da perda associada a um acontecimento, evitando assim, a atividade que aumenta o risco.

Em projetos, a análise de risco serve a múltiplas funções. Primeiro, quantifica o valor médio esperado associado a implementação do plano. Segundo, identifica a probabilidade de que o retorno do investimento seja maior ou menor que o valor médio (análise de variância). Terceiro, identifica quais os fatores que contribuem com maior peso no alcance do resultado, portanto, quais os fatores que merecem maior acompanhamento e medidas para diminuir sua variância (medidas preventivas). Quarto, elucida quais os riscos intrínsecos ao negócio, ou seja, aqueles não passíveis de eliminação (ODA; GRAÇA; LEME, 2001).

De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (1996), as três alternativas para a solução de problemas sob condições de incerteza são: uso de matrizes de decisão, análise de sensibilidade e simulação.

A matriz de decisão também é um método utilizado para analisar os riscos de um projeto. Para Securato (2002), é a forma final de se apresentar

todos os elementos que fazem parte do processo de avaliação do risco e do processo decisório. E de acordo com Casarotto Filho e Kopittke (1996), as matrizes de decisão ou de receitas (custos) são tabelas que relacionam as alternativas com as diferentes eventualidades futuras.

2.5.2.1 Análise de sensibilidade

Segundo Guedes et al. (2011) a análise de sensibilidade é uma análise de incerteza, que é muito utilizada na economia florestal para se obter informações sobre variáveis pouco conhecidas. Essa análise possibilita a observação da influência que uma variável exerce nos resultados do projeto, e deve ser feita apenas para as variáveis às quais o projeto apresenta maior sensibilidade, a fim de reduzir o volume de cálculos (COELHO JÚNIOR; REZENDE; OLIVEIRA et al. 2008).

Coates e Kuhl (2003) citam que dentre as formas de abordagem do risco econômico, uma delas é a análise de sensibilidade utilizando cenários. A utilização de cenários permite a análise do efeito conjunto das variáveis, realizando combinações entre as mesmas de forma que os valores apresentados ficam mais próximos dos valores reais, geralmente, são testados três cenários: o otimista, o mais provável, e o pessimista. Contudo, pelo número reduzido de cenários, essa análise também é indicada para projetos mais simples e/ou com poucos fatores de risco relacionados (ODA; GRAÇA; LEME, 2001).

Rezende et al. (2006) ao estudarem a viabilidade do fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais, utilizaram cenários onde foram verificadas as influências causadas pelo preço, produtividade da madeira e distância de transporte. Os resultados mostraram que a venda da madeira em pé foi a opção mais viável, e apresentou uma maior estabilidade e sofreu pouco com as variações de preço, produtividade e distância de transporte, enquanto a

lenha entregue no pátio apresentou grandes variações relacionadas ao custo de transporte, e a venda do carvão sofreu mais com a variação do preço. Virgens et al. (2015) demonstraram a sensibilidade de um reflorestamento de eucalipto no estado da Bahia, em relação a taxa de juros, a produtividade, e ao preço da madeira.

Desta forma, a análise de sensibilidade é uma ferramenta disponível ao gestor para obter maior segurança quanto as suas decisões, pois fornece uma análise mais realista do projeto, já que define intervalos de confiança para as variáveis analisadas e a influência das mesmas sobre os resultados. Contudo, não fornece a probabilidade de ocorrência de cada valor dentro do intervalo e analisa o efeito das variáveis isoladamente, dificultando a visualização de relações de interdependência entre as variáveis, sendo indicada para avaliação do risco de projetos simples e/ou com poucos fatores de risco relacionados. Para suprir essas dificuldades, a utilização de uma análise de risco, utilizando o método de Montes Carlo tem se destacado (ODA; GRAÇA; LEME, 2001).

2.5.2.2 Simulação: Método de Monte Carlo

Coelho Júnior, Rezende e Oliveira (2008) ressaltam a importância da utilização de análises que contemplem todos os possíveis cenários das variáveis na produção florestal, a fim de minimizar a incerteza e o risco do projeto. Cardoso e Amaral (2000) afirmam que apesar de muito utilizada, a análise de sensibilidade calcula o efeito da mudança de uma única variável de cada vez, já o uso de simulação permite considerar todas as combinações possíveis, com a criação de milhares de cenários, gerando uma distribuição de probabilidade dos resultados.

Cardoso e Amaral (2000) definem o termo simulação como qualquer método analítico destinado a imitar um sistema real, em especial quando outros

métodos de análise são matematicamente muito complexos ou muito difíceis de reproduzir. Sem a ajuda da simulação, uma planilha revela apenas uma simples saída, ou a mais provável, ou um cenário médio. Já a Simulação de Monte Carlo gera, randomicamente, valores para estas variáveis incertas, centenas ou milhares de vezes, de modo a simular um modelo.

Corrar (1993) considera simulação como uma técnica que utiliza um processo estocástico para determinar a natureza das distribuições de probabilidades por meio de múltiplas tentativas, o que seria difícil utilizando os métodos estatísticos padrões. Além disso, traz como grandes vantagens a possibilidade de trabalhar com modelos com diferentes graus de complexibilidade e permitir que a relação de dependência entre as variáveis seja incorporada.

Casarotto Filho e Kopittke (1996) destacam uma importante alternativa para dar suporte à tomada de decisão: transformar as incertezas em riscos por meio do processo de simulação, ou seja, apontar as possibilidades futuras a partir de mudanças nas variáveis, que mais influenciam a tomada de decisão. A transformação das incertezas em riscos é condição para a criação de cenários que subsidiam as simulações.

Uma das técnicas que está ganhando espaço na avaliação dos riscos em projetos florestais é a simulação de Monte Carlo. Segundo Cardoso e Amaral (2000), sua utilização consiste em, inicialmente, construir um modelo com base nos fluxos de caixa futuros da empresa. A seguir constrói-se um modelo com as principais incertezas relativas aos insumos principais, utilizando distribuições de probabilidades. Em terceiro lugar, são especificadas as relações entre as variáveis de entrada e, por último, é executada a simulação propriamente dita.

Cardoso e Amaral (2000) afirmam que na construção do modelo do projeto, a inclusão de relação entre as variáveis é relativamente fácil, mas a especificação das probabilidades, isto é, os limites inferior e superior, bem como

a definição do tipo de distribuição de probabilidades daquela variável específica, podem ser extremamente difíceis.

Para cada variável incerta do modelo (isto é, que tem uma faixa de valores possíveis), é preciso definir os valores possíveis com base em uma distribuição de probabilidades, e esta é a principal dificuldade de utilização desta técnica. A Figura 1 ilustra alguns exemplos de distribuições de probabilidades que estas variáveis podem ter.

Figura 1 - Exemplos de distribuições de probabilidades.



Fonte: Cardoso e Amaral (2000).

Monte Carlo é um método de simulação de amostragem artificial com a capacidade de resolução de problemas complexos de natureza probabilística. É um método muito aplicado em casos onde existe um grande número de fatores que tornam a solução analítica impraticável, sendo indicado para a avaliação de risco de grandes projetos e de projetos que envolvem um grande número de variáveis inter-relacionadas (PULIDO; JACOBS; LIMA, 1992).

Viana et al. (2013) compararam o método de monte Carlo ao método determinístico na determinação da viabilidade econômica de florestas energéticas em diferentes espaçamentos, utilizando como critérios de viabilidade o VPL e o VAE. A primeira fonte de variação foi o Incremento Médio Anual (IMA). A simulação do método de Monte Carlo mostrou que dentre as possíveis variações na produtividade, cerca de 75% correspondem ao valor real

encontrado. Pelo método determinístico a rotação foi antecipada em um ano em relação ao resultado obtido pelo método de Monte Carlo.

Silva et al. (2014) utilizaram o método de Monte Carlo para determinar a viabilidade econômica e rotação florestal de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em diferentes espaçamentos. Na análise de risco utilizou-se o como variável de saída (*output*) o Valor Anual Equivalente (VAE) e, como variáveis de entrada (fontes de incertezas), as distribuições de probabilidade referentes ao preço da muda, da terra e da madeira, o custo de colheita, a taxa de juros e a produção de madeira. Os autores concluíram que o espaçamento 1,5 x 3,0 m foi o mais viável economicamente e teve um nível de risco menor que os outros espaçamentos. A rotação econômica foi de 12, 13, 13 e 15 anos, para o espaçamento 1,5 x 3,0 m; 1,5 x 2,5 m; 1,5 x 2,0 m e 1,5 x 1,5 m, respectivamente. Os estudos demonstraram que informações obtidas acerca dos riscos econômicos envolvidos no plantio de candeia, servem como ferramenta de auxílio na tomada de decisões em relação a novos plantios dessa espécie e também como base para futuros experimentos com a mesma, visando o aprimoramento de seu cultivo.

Silva et al. (2011) utilizaram o método de Monte Carlo para determinar a viabilidade econômica do manejo do cerrado, onde a área de estudo foi um fragmento submetido a cinco níveis de intervenção em relação a retirada de área basal. O modelo teve como variáveis de entrada o preço do carvão, a taxa de juros e o valor da terra, e, como variável de saída, o Valor Presente Líquido para horizonte infinito. Os autores concluíram que para todos os tratamentos estudados, a probabilidade do VPL ser negativo aumenta com o aumento do ciclo de corte. Para todos os tratamentos, o ciclo de corte ótimo foi de dez anos. Os tratamentos em que se retirou maior volume de madeira mostraram-se menos suscetíveis a riscos de inviabilidade econômica, por propiciarem a obtenção de mais renda que os tratamentos em que se retirou menos madeira. Ainda segundo

esses autores, a introdução do risco na análise econômica dos diversos regimes de manejo da vegetação do cerrado propiciou a obtenção de informações adicionais às obtidas pela análise determinística, o que melhorou a compreensão e aumentou a segurança para a tomada de decisão em relação a viabilidade econômica desses regimes.

Souza (2013) utilizou o método de Monte Carlo para determinar o risco financeiro em um sistema silvopastoril. Foram utilizados métodos tradicionais (VPL, BPE, TIR) de análise de investimentos com taxa de desconto de 8% a.a. A análise retornou um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$2.906,90/ha e, ao aplicar o método de Monte Carlo, verificou-se que no projeto havia mais de 80% de probabilidade de ocorrência do VPL de R\$6.342,95/ha.

Gonçalves (2014) utilizou o método de Monte Carlo para a análise de risco da rotação econômica de plantios de eucalipto. O modelo teve como variável de saída (*output*) o Valor presente Líquido Infinito (VPL_{∞}) e, como variáveis de entrada (fontes de incertezas), as distribuições de probabilidade referentes ao preço da terra e da madeira, o custo de colheita e transporte, a taxa de juros e a produção de madeira. A autora concluiu que a idade ótima de corte (rotação econômica) é de 6, 8 e 11 anos nos sítios I, II e III, respectivamente, ou seja, nos sítios mais produtivos (I e II) o corte deve ser feito em idades menores do que no sítio menos produtivo (III). O plantio de eucalipto nos sítios mais produtivos apresenta maior lucratividade e menor risco de obter resultados desfavoráveis do que o plantio no sítio menos produtivo.

De acordo com Cardoso e Amaral (2000), o método de Monte Carlo tem se destacado no cenário econômico atual, onde a incerteza se faz presente em todos os setores. O método possibilita avaliar o comportamento das variáveis e sua influência no resultado de projetos, possibilitando a melhoria da tomada de decisão frente as incertezas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se definir o melhor momento de realizar a reforma de povoamentos de eucalipto é preciso primeiro conhecer a idade ótima de corte dos plantios, ou seja, a rotação econômica dos mesmos. O procedimento econômico a ser utilizado para determinar essas duas variáveis demanda a construção de fluxos de caixa elaborados com base nos custos necessários à produção, colheita e transporte de madeira, assim como nas receitas advindas da venda deste produto.

A especificação dos dados necessários ao estudo, assim como a formulação dos modelos econômicos utilizados estão descritos na metodologia a seguir.

2.6 Custos e Receitas

As informações utilizadas para a determinação dos custos e receitas advindos da produção e venda de madeira se referem a valores médios de empresas florestais situadas na região nordeste do Brasil, que plantam eucalipto visando produzir madeira para carvão vegetal a ser utilizado pelas siderúrgicas.

A fim de se verificar o efeito da qualidade do sítio na rotação e na reforma dos povoamentos florestais, fez-se a análise econômica para três sítios diferentes. Também, para se analisar o efeito da agregação de valor aos produtos florestais, considerou-se três possibilidades de tipos de produtos a serem comercializados, ou seja, madeira em pé, madeira colhida e madeira entregue no pátio da planta de carbonização.

A receita de cada situação analisada foi determinada multiplicando-se o volume de madeira produzido por hectare pelo seu respectivo preço de venda por metro cúbico de madeira. A Tabela 1 mostra a produção de madeira dos três

sítios considerados, para diversas idades da floresta. Já a Tabela 2 apresenta os preços dos produtos considerados na análise econômica.

Tabela 1 - Produção volumétrica de madeira (m³/ha) para três sítios, em diversas idades da floresta.

Idade (anos)	Sítio 1	Sítio 2	Sítio 3
2	72,4	56,4	44,2
3	121,5	87,0	72,9
4	174,8	128,0	108,4
5	235,0	181,0	154,5
6	293,4	228,0	195,0
7	318,5	263,2	226,1
8	327,2	274,4	245,6
9	329,4	275,4	245,7

Tabela 2 - Preços dos produtos florestais

Produto	Preço (R\$/m ³)
Madeira em pé	45,00
Madeira colhida	65,00
Madeira no pátio da planta de carbonização	80,00

Os custos de implantação, manutenção, condução da brotação e reforma da floresta estão na Tabela 3. Nas análises econômicas considerou-se que estes custos não variaram com o sítio.

Tabela 3 - Custos de formação e manutenção de povoamentos de eucalipto (R\$/ha)

Discriminação do custo	Ano de ocorrência	Valor
<u>Povoamento inicial ou do Alto Fuste</u>		
- Implantação	0	3.533,00
- Manutenção	1	1.972,00
- Manutenção	2	1.121,00
- Manutenção	3 e 4	581,00
- Manutenção	5 a n*	313,00
<u>Povoamento da Brotação</u>		
- Condução da brotação	0	715,00
- Manutenção	1	1.378,00
- Manutenção	2	1.142,00
- Manutenção	3 e 4	581,00
- Manutenção	5 a n	313,00
<u>Povoamento Reformado</u>		
- Reforma	0	3.325,00
- Manutenção	1	1.972,00
- Manutenção	2	1.121,00
- Manutenção	3 e 4	581,00
- Manutenção	5 a n	313,00

* ano de corte do povoamento

Os valores do custo de colheita variaram em função da qualidade do sítio. Assim, a colheita de madeira em sítios menos produtivos foi mais onerosa que em sítios mais produtivos (TABELA 4). O custo de transporte variou em função da distância percorrida entre o local de corte e o pátio da planta de carbonização (TABELA 5).

Tabela 4 - Custo de colheita da madeira de eucalipto para três sítios.

Sítio	Custo (R\$/m ³)
I	14,72
II	18,39
III	24,58

Tabela 5 - Custo de transporte da madeira de eucalipto do local de plantio ao pátio da planta de carbonização (R\$/m³)

Distância de transporte (Km)	Custo (R\$/m ³)
25	9,22
50	13,18
75	16,50

Além dos custos de manutenção anual, colheita e transporte, a análise econômica levou em consideração também o custo anual da terra, que foi considerado como sendo os juros sobre o valor médio da terra na área de estudo, que variaram de acordo com sua produtividade, sendo de R\$ 4.500,00 para o sítio I, R\$ 4.000,00 para o sítio II e de R\$ 3.500,00 para o sítio III.

2.7 Análise econômica da rotação florestal em condições de risco

De acordo com Coelho Junior et al. (2008), a produção de madeira deve ser associada a um evento probabilístico e não determinístico, pois sua produtividade envolve sempre um grau de risco ou incerteza.

Para determinar a rotação econômica dos plantios de eucalipto manejados para a produção de madeira para carvão, em condições de risco, utilizou-se o método de Monte Carlo, que se baseia em simulações realizadas a partir de um modelo base, necessário para determinar o indicador a ser utilizado na análise econômica.

O modelo base utilizado foi o fluxo de caixa construído com as estimativas das receitas e custos que ocorreram ao longo do horizonte de planejamento estabelecido para a análise econômica. Já como indicador econômico ou variável de saída do modelo, utilizou-se o Valor Presente Líquido calculado para o horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}), utilizando uma taxa real de juros de 4% ao ano. Segundo Rezende e Oliveira (2013), o VPL_{∞} é calculado como a seguir,

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

em que:

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

C_j = custo no final do ano j ;

R_j = receita no final do ano j ;

i = taxa real de juros;

n = duração do projeto.

Determinou-se o VPL_{∞} esperado para os três sítios nas diversas idades da floresta. A rotação econômica para cada sítio foi definida como sendo a idade em que se obteve o maior VPL_{∞} esperado e o menor risco.

Tavares et al. (2011) afirmam que além das incertezas relacionadas a produtividade, há outros fatores de riscos relacionados a economia, como custos de produção, preço de venda e taxa de juros. Assim, no presente estudo, para utilizar o método de Monte Carlo foi preciso definir variáveis de saída ou de

risco do modelo, sendo que a cada variável atribuiu-se uma distribuição de probabilidade para representar o seu comportamento incerto. Segundo Cardoso e Amaral (2000), uma das desvantagens da aplicação da simulação de Monte Carlo é a dificuldade em se definir os formatos das distribuições de probabilidades das variáveis que melhor representem a realidade. Para Souza (2001) as distribuições triangular e uniforme são muito utilizadas nas ciências agrárias e na economia, por apresentarem simplicidade, e a vantagem de não necessitarem de muitos dados de um determinado evento.

Neste estudo, decidiu-se por utilizar a distribuição de probabilidade triangular para representar o comportamento incerto das variáveis de risco. Assim, a cada uma dessas variáveis atribuiu-se um valor médio ou mais provável, um valor mínimo e um valor máximo (Tabela 6). Como valor médio das variáveis de risco considerou-se os valores apresentados nas tabelas e texto anteriores. Já os valores mínimo e máximo foram definidos considerando-se, respectivamente, uma redução e um aumento de 10% nos valores médios dessas variáveis. A única exceção a essa regra foi no caso da taxa de juros, em que a taxa mínima foi 1% menor que a taxa média, enquanto a taxa máxima foi 1% maior que a média.

Tabela 6 - Variáveis de risco consideradas na determinação da rotação econômica em condições de risco.

Variável	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor Máximo
Taxa de juros anual	3%	4%	5%
<u>Custo de colheita (R\$/m³)</u>			
Sítio I	13,25	14,72	16,19
Sítio II	16,55	18,39	20,23
Sítio III	22,12	24,58	27,04
<u>Custo de transporte da madeira (R\$/m³)</u>			
Distância de 25 Km	8,30	9,22	10,14
Distância de 50 Km	11,86	13,18	14,50
Distância de 75 Km	14,85	16,5	18,15
<u>Valor da terra (R\$/ha)</u>			
Sítio I	4.050,00	4.500,00	4.950,00
Sítio II	3.600,00	4.000,00	4.400,00
Sítio III	3.150,00	3.500,00	3.850,00
<u>Preço de venda da madeira (R\$/m³)</u>			
Em pé	40,50	45,00	49,50
Colhida	58,50	65,00	71,50
Entregue na planta de carbonização	72,00	80,00	88,00

2.8 Análise econômica da reforma em condições de risco

Neste caso também se utilizou o método de Monte Carlo para realizar a análise de risco, sendo, portanto, válidas todas as considerações já feitas neste estudo em relação a este procedimento.

Para a análise econômica da reforma foi considerado um modelo que supõe não haver mudança tecnológica ao longo do tempo (tecnologia constante),

ou seja, no momento de se reformar o povoamento, o clone a ser plantado será o mesmo que foi plantado no momento em que se realizou a implantação inicial do povoamento. Assim, a produção volumétrica do povoamento originado da reforma é igual a do povoamento originado da implantação inicial.

O modelo supõe também, que a idade ótima de corte (rotação econômica) do povoamento originado da implantação inicial (alto fuste) é igual a do povoamento originado da reforma e as dos povoamentos originados da condução das brotações (talhadas).

Segundo Rezende e Oliveira (1994) a idade ótima de corte do povoamento atual, independente do regime de manejo, influencia as idades ótimas de corte dos povoamentos anteriores e não dos povoamentos futuros, logo, o planejamento do ciclo produtivo tem que ser feito de forma precisa, e não deve se adotar idade de corte fixa para diferentes rotações do mesmo povoamento. Contudo, Lopes (1990), argumenta que, mesmo sabendo que do alto fuste para as talhadas a idade de corte pode mudar, para fins de cálculo, esta variação pode ser desprezada.

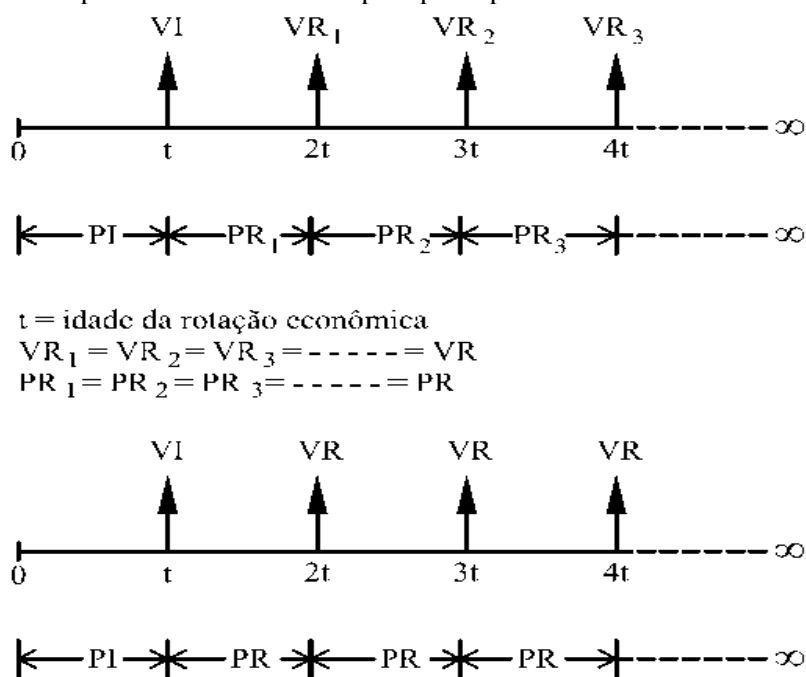
O indicador econômico ou variável de saída do modelo utilizado foi o Valor Presente Líquido para o horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}), calculado utilizando uma taxa real de juros igual a 4% ao ano. A fórmula utilizada para o cálculo do VPL_{∞} variou de acordo com a situação considerada, conforme apresentado a seguir:

- a) Situação 1 – reforma após o corte do povoamento inicial (ou povoamento do alto fuste), doravante chamada de reforma após o primeiro corte.

Nesta situação a substituição do povoamento inicial (PI) será realizada logo após t_1 . O volume de madeira produzido por PI em sua idade ótima de corte (VI) é igual ao produzido pelo primeiro PR (PR_1) em sua idade ótima de corte

(VR_1) que, por sua vez, também é igual ao produzido pelo segundo PR (PR_2) em sua idade ótima de corte (VR_2). Esta situação se repete ao longo do tempo, uma vez que se está assumindo que a tecnologia é constante (o mesmo clone é utilizado no PI e nos PRs que se repetem a cada rotação ao longo de um horizonte de planejamento infinito). Desta forma pode-se dizer que $VR_1 = VR_2 = VR_3 = \dots = VR$

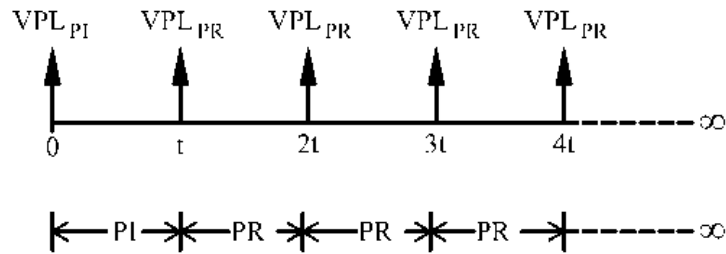
Figura 2 - Esquemas representativos da situação em que a reforma do povoamento ocorre sempre após o primeiro corte.



Para a determinação do VPL_{∞} para a situação representada na Figura 2, primeiro, definiu-se o fluxo de caixa do PI e o fluxo de caixa do primeiro PR (PR_1). Depois, determinou-se o VPL do PI (VPL_{PI}) e o VPL do PR_1 (VPL_{PR_1}). Uma vez que os fluxos de caixa do PR_2 , do PR_3 e dos infinitos PRs são iguais ao do PR_1 , os VPLs destes PRs também são iguais, podendo ser representados por

VPL_{PR} . A Figura 3 ilustra esta situação em um horizonte de planejamento infinito.

Figura 3 - Esquema representativo das épocas de ocorrência do VPL_{PI} e do VPL_{PR} , quando a reforma ocorre sempre após o primeiro corte.



A partir da idade t o esquema representa uma série periódica, infinita, postecipada, cujo valor das parcelas é igual a VPL_{PR} . Segundo Rezende e Oliveira (2013), o valor atual ou presente (V_0) de uma série de parcelas deste tipo é determinado pela seguinte fórmula:

$$V_0 = \frac{R}{(1+i)^{t-1}} \quad (2)$$

Em que:

R = valor da parcela que se repete a cada intervalo de tempo t ;

i = taxa de juros;

t = intervalo ou período de tempo entre parcelas;

No caso do presente estudo, a fórmula pode ser escrita como:

$$V_0 = \frac{VPL_{PR}}{(1+i)^{t-1}} \quad (3)$$

Em que:

i = taxa real de juros anual;

t = idade ótima de corte ou rotação econômica, em anos;

Somando-se o VPL_{PI} ao V_0 chega-se à fórmula para a determinação do VPL_{∞} :

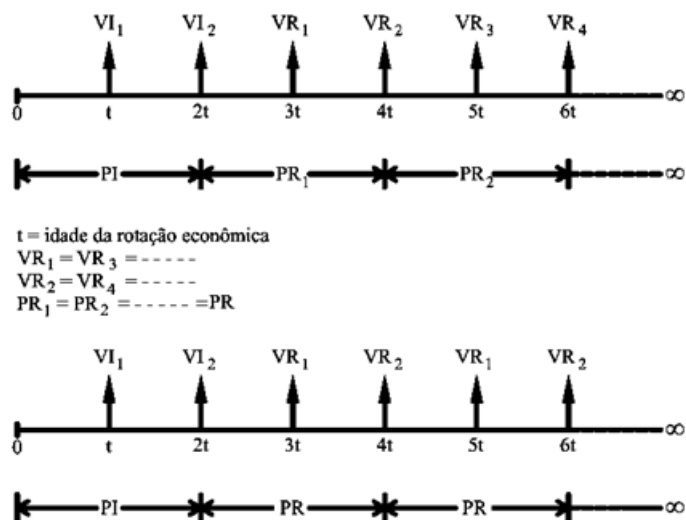
$$VPL_{\infty} = VPL_{PI} + \frac{VPL_{PR}}{(1+i)^t - 1} \quad (4)$$

b) Situação 2 – reforma após o segundo corte do povoamento inicial, doravante chamada de reforma após o segundo corte.

Neste caso, após o PI atingir a idade ótima de corte, realizou-se o seu primeiro corte e, em seguida, fez-se a condução da regeneração natural das cepas manejando o povoamento até que atingisse novamente a idade ótima de corte, ocasião em que foi cortado pela segunda vez. Na sequência, foi feita a reforma ou substituição do PI por um novo povoamento ou povoamento reformado (PR), no qual também foram feitos dois cortes, sendo válidas aqui as mesmas considerações feitas em relação a PI no que tange a condução da regeneração natural das cepas e a idade ótima de corte.

Em um horizonte de planejamento infinito esta situação em que a reforma ocorre, sempre após o segundo corte, pode ser representada como na Figura 4. O volume de madeira produzido por PI em seu primeiro corte (VI_1) será maior que o produzido em seu segundo corte (VI_2).

Figura 4 - Esquemas representativos da situação em que a reforma do povoamento ocorre sempre após o segundo corte.

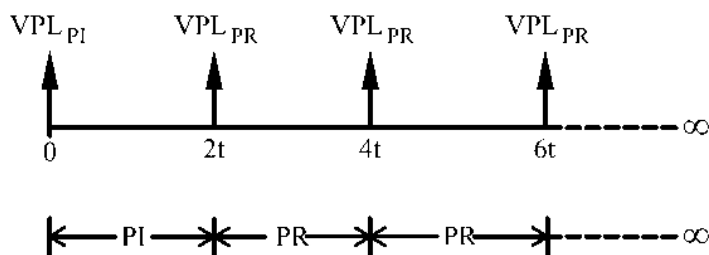


De acordo com Matthews (1992) e Underdown e Bush (2002), embora possa haver um aumento na produtividade da talhadia, devido ao sistema radicular estar estabelecido, é comum que as perdas por mortalidade reduzam o rendimento das brotações. Whittock et al. (2004) afirmam que a produção da talhadia é em média 90% da do alto fuste. Os resultados encontrados por Arbex e Silva (2015) corroboram essa informação, já que os mesmos identificaram uma redução de 10,4% na produtividade da brotação. Contudo, Silva (2013), afirma que a brotação de diversas espécies de eucalipto apresenta produtividade semelhante a do alto fuste.

Uma vez que se está assumindo que a tecnologia é constante (o mesmo clone é utilizado no PI e nos PRs que se repetem a cada rotação ao longo de um horizonte de planejamento infinito), o volume de madeira produzido por PR em seu primeiro (VR_1) e segundo (VR_2) cortes são iguais aos respectivos volumes de madeira produzidos por PI em seu primeiro (VI_1) e segundo (VI_2) cortes.

Para a determinação do VPL_{∞} para a situação representada na Figura 5, primeiro definiu-se o fluxo de caixa do PI e o fluxo de caixa do primeiro PR (PR_1). Depois, determinou-se o VPL do PI (VPL_{PI}) e o VPL do PR_1 (VPL_{PR_1}). Uma vez que os fluxos de caixa do PR_2 , do PR_3 e dos infinitos PRs são iguais ao do PR_1 , os VPLs destes PRs também são iguais, podendo ser representados por VPL_{PR} . A Figura 5 ilustra esta situação em um horizonte de planejamento infinito.

Figura 5 - Esquema representativo das épocas de ocorrência do VPL_{PI} e do VPL_{PR} , quando a reforma ocorre sempre após o segundo corte.



A partir da idade $2t$ o esquema representa uma série periódica, infinita, postecipada, cujo valor das parcelas é igual a VPL_{PR} . Para determinar o valor atual ou presente (V_0) de uma série de parcelas deste tipo basta utilizar a fórmula 2, que será escrita conforme a seguir:

$$V_0 = \frac{VPL_{PR}}{(1+i)^{2t}-1} \quad (5)$$

Somando-se o VPL_{PI} ao V_0 chega-se à fórmula para a determinação do VPL_{∞} :

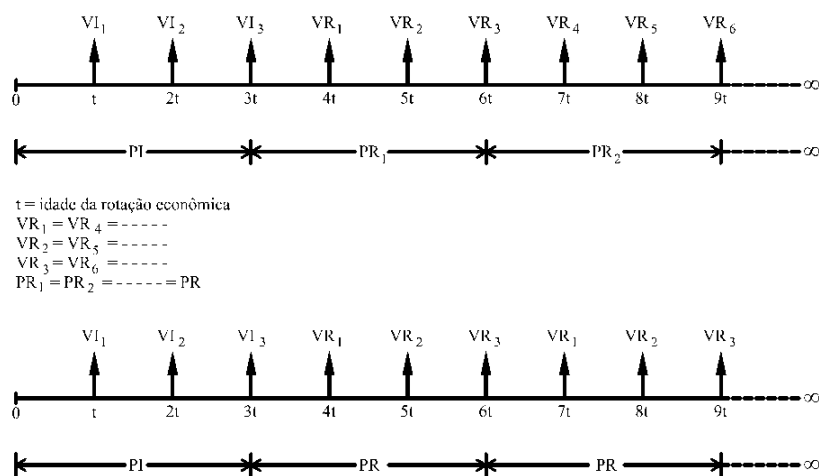
$$VPL_{\infty} = VPL_{PI} + \frac{VPL_{PR}}{(1+i)^{2t}-1} \quad (6)$$

- c) Situação 3 – reforma após o terceiro corte do povoamento inicial, doravante chamada de reforma após o terceiro corte.

Neste caso, após o PI atingir a idade ótima de corte, realizou-se o seu primeiro corte e, em seguida, fez-se a condução da regeneração natural das cepas manejando o povoamento até que atingisse novamente a idade ótima de corte, ocasião em que foi cortado pela segunda vez. Na sequência, conduziu-se novamente a regeneração natural das cepas até a idade de corte, quando o povoamento foi cortado pela terceira vez. Nesta época, foi feita a reforma ou substituição do PI por um novo povoamento ou povoamento reformado (PR), no qual também foram feitos três cortes, sendo válidas aqui, as mesmas considerações feitas em relação a PI, no que tange a condução da regeneração natural das cepas e a idade ótima de corte.

Em um horizonte de planejamento infinito, esta situação em que a reforma ocorre, sempre após o terceiro corte, pode ser representada como na Figura 6. O volume de madeira produzido por PI em seu primeiro corte (VI_1) será maior que o produzido em seu segundo corte (VI_2) e este, por sua vez, também será maior que o produzido no terceiro corte (VI_3).

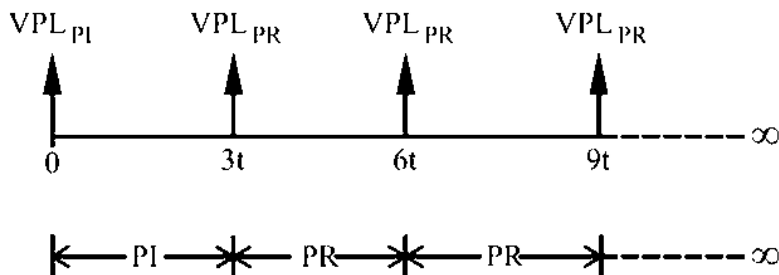
Figura 6 - Esquemas representativos da situação em que a reforma do povoamento ocorre sempre após o terceiro corte.



Uma vez que se está assumindo que a tecnologia é constante (o mesmo clone é utilizado no PI e nos PRs que se repetem a cada rotação ao longo de um horizonte de planejamento infinito), o volume de madeira produzido por PR em seu primeiro (VR_1), segundo (VR_2) e terceiro (VR_3) cortes são iguais aos respectivos volumes de madeira produzidos por PI em seu primeiro (VI_1), segundo (VI_2) e terceiro (VI_3) cortes.

Para a determinação do VPL_∞ para a situação representada na Figura 6, primeiro, definiu-se o fluxo de caixa do PI e o fluxo de caixa do primeiro PR (PR_1). Depois, determinou-se o VPL do PI (VPL_{PI}) e o VPL do PR_1 (VPL_{PR_1}). Uma vez que os fluxos de caixa do PR_2 , do PR_3 e dos infinitos PRs são iguais ao do PR_1 , os VPLs destes PRs também são iguais, podendo ser representados por VPL_{PR} . A Figura 7 ilustra esta situação em um horizonte de planejamento infinito.

Figura 7 - Esquema representativo das épocas de ocorrência do VPL_{PI} e do VPL_{PR} , quando a reforma ocorre sempre após o terceiro corte.



A partir da idade $3t$ o esquema representa uma série periódica, infinita, postecipada, cujo valor das parcelas é igual a VPL_{PR} . Para determinar o valor atual ou presente (V_0) de uma série de parcelas deste tipo, basta utilizar a fórmula 2, que será escrita conforme a seguir:

$$V_0 = \frac{VPL_{PR}}{(1+i)^{3t}-1} \quad (7)$$

Somando-se o VPL_{PI} ao V_0 chega-se à fórmula para a determinação do VPL_{∞} :

$$VPL_{\infty} = VPL_{PI} + \frac{VPL_{PR}}{(1+i)^{3t}-1} \quad (8)$$

As variáveis de risco utilizadas foram as mesmas do estudo da rotação (Tabela 6), acrescidas de uma variável de risco que representa o percentual do volume de madeira produzido nas brotações em relação ao volume de madeira produzido no alto fuste. Utilizando-se a distribuição de probabilidade triangular para representar o comportamento incerto desta variável. Considerou-se as seguintes situações:

- a) Reforma após o primeiro corte: Neste caso, como não há condução da brotação, a análise de risco será feita utilizando-se apenas as variáveis de risco da Tabela 6, aplicando a fórmula 4, que calcula o VPL_{∞} para a situação I.
- b) Reforma após o segundo corte: Aqui, como há a condução da brotação, além das variáveis de risco da Tabela 6, será considerado também como variável de risco o volume de madeira obtido da 1ª brotação, expresso como um percentual do volume de madeira obtido no alto fuste, com valores mínimos mais prováveis, e máximos conforme mostra a Tabela 7. O indicador econômico utilizado será o VPL_{∞} calculado por meio da fórmula 6.
- c) Reforma após o terceiro corte: Nesta situação, como há a condução de duas brotações, além das variáveis de risco da Tabela 6, serão considerados também como variável de risco os volumes de madeira obtidos da 1ª brotação e 2ª brotação, respectivamente, cujos valores mínimos mais prováveis, e máximo, estão na Tabela 7. O indicador econômico utilizado será o VPL_{∞} calculado por meio da fórmula 8.

Tabela 7 - Variáveis de risco consideradas na determinação do momento ótimo de reformar os povoamentos de Eucalipto.

Variável de risco	Percentual do volume da brotação em relação ao volume do alto fuste		
	Valor mínimo	Valor mais provável	Valor máximo
<u>Produtividade das brotações</u>			
1ª Brotação	80%	90%	100%
2ª Brotação	70%	80%	90%

2.9 Simulação e análise dos dados

A utilização do método de Monte Carlo implica em realizar simulações envolvendo o modelo base e as variáveis de risco, as quais foram feitas com o auxílio do software @RISK (PALISADE CORPORATION, 2009). O primeiro passo foi realizar uma simulação automática pelo *software*, a fim de verificar a convergência. Definido o número ideal de iterações, realizou-se outra simulação que gerou os resultados relacionados à variável de saída do modelo (distribuições de probabilidade, frequências acumulada e relativa, estatísticas descritivas, dentre outros), os quais serão utilizados para se definir a rotação econômica e a época ideal de se fazer a reforma dos povoamentos de eucalipto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação da rotação econômica em condições de risco

3.1.1 Madeira em pé

De acordo com os resultados obtidos para a venda da madeira em pé, apresentados na Tabela 8, no sítio I, o maior valor esperado para o VPL_{∞} foi de R\$7.399,90 e não há chance de se ter valores negativos para este indicador financeiro. Sendo assim, 6 anos é a idade ótima de corte ou rotação econômica para este sítio. Se a colheita for antecipada em um ano, haverá queda no VPL_{∞} e um risco de 36% de que esse valor seja negativo. De forma semelhante, se houver atraso de um ano na colheita, também haverá redução do VPL_{∞} e o risco de se ter valores negativos é próximo de zero.

O sítio II apresentou VPL_{∞} negativo em todas as idades, logo, a rotação ocorre no ano em que este indicador econômico apresenta o valor menos negativo, que para esse povoamento acontece no ano 7. Embora o valor esperado seja de R\$ -637,61, que aponta inviabilidade econômica, a análise das estatísticas, mostra que há uma probabilidade de 35% de ocorrer um VPL_{∞} positivo, de acordo com a interação das variáveis de risco. A análise dos percentis mostra ainda que há uma probabilidade de 5% de ocorrer um VPL_{∞} superior a R\$ 2.687,00.

No caso do sítio III, não há viabilidade econômica para a venda da madeira em pé em nenhuma idade de corte. Assim, a rotação econômica se dá na idade onde ocorre o VPL_{∞} esperado menos negativo, ou seja, aos 8 anos. Observa-se pelas estatísticas apresentadas na Tabela 8 que a chance de o povoamento apresentar viabilidade econômica em qualquer idade é praticamente

nula, exceto no caso da idade de 8 anos em que há 0,1% de probabilidade de haver VPL_{∞} positivo.

De acordo com Hacura, Jadamus-Hacura e Kocot (2001) o risco de um projeto é considerado baixo quando a probabilidade de ocorrência de VPLs negativos é inferior a 20%. Com base na informação destes autores pode-se dizer que no caso do presente estudo, o plantio de eucalipto destinado a venda de madeira em pé, só pode ser considerado como sendo de baixo risco no sítio I.

Gonçalves (2014) afirma que a simulação de Monte Carlo permite conhecer o comportamento da rotação econômica em relação as oscilações nas variáveis de risco, resultando em melhores subsídios para que o gestor possa escolher a melhor estratégia de corte, ao invés de se basear apenas em um valor fechado.

Gomes et al. (2002) afirmam que a idade de máximo IMA (Incremento Médio Anual) ocorre mais cedo em sítios mais produtivos fazendo com que a idade de rotação nesses sítios seja inferior, quando comparada a sítios menos produtivos, já que nestes sítios a floresta demanda um maior período de tempo para se desenvolver e alcançar o máximo IMA. Portanto, como já era esperado, a rotação econômica tende a ser inversamente proporcional à produtividade dos sítios, ou seja, quanto maior a produtividade do sítio, menor a rotação econômica.

A Tabela 9 apresenta o coeficiente de correlação associado a cada variável de risco, ou seja, a maneira com que cada uma delas afeta o VPL_{∞} . Variáveis que apresentam correlação positiva com este indicador o afetam de maneira direta, e o contrário ocorre com as que apresentam correlação negativa com o mesmo. Nota-se que apenas o preço da madeira apresenta correlação positiva, ou seja, aumentos nesta variável provocam aumentos no VPL_{∞} . Por exemplo, no sítio III o coeficiente de 0,883 indica que havendo um aumento de R\$1,00 no preço do m^3 de madeira ocorrerá um aumento de R\$0,883 no VPL_{∞} ,

por hectare. No caso das demais variáveis, como a correlação é negativa, haverá queda no VPL_{∞} se o valor das mesmas aumentar.

O preço da madeira é a variável que mais influencia o VPL_{∞} . Nota-se que o efeito desta variável no indicador econômico aumenta à medida que a qualidade do sítio diminui, ou seja, uma alteração no preço da madeira afeta mais a viabilidade econômica dos sítios menos produtivos que a dos mais produtivos. O efeito da taxa de juros é mais significativo no VPL_{∞} dos sítios mais produtivos, enquanto que o valor da terra afeta mais o VPL_{∞} dos sítios menos produtivos.

Tabela 8 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira em pé.

♀

Sítio	Idade	VPL_{∞}			Desvio padrão	$VPL_{\infty} < 0$	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
		Esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)					
I	5	997,23	-4.969,50	9.938,51	2.400,25	36,00%	-2.726,62	862,01	5.106,10
	6	7.399,90	116,89	18.488,33	2.925,91	0,00%	2.981,56	7.182,68	12.499,02
	7	6.833,57	-111,15	17.442,58	2.803,06	0,10%	2.632,06	6.624,20	11.749,10
II	6	-3.322,76	-7.791,26	3.236,69	1.794,15	96,00%	-6.122,81	-3.398,21	-263,56
	7	-637,61	-5.568,21	6.585,88	1.936,35	65,00%	-3.599,69	-760,70	2.687,00
	8	-1.765,34	-6.243,17	4.794,26	1.753,70	84,00%	-4.439,54	-1.885,02	1.256,71
III	7	-5.485,36	-8.977,48	-168,36	1.443,09	100,00%	-7.770,50	-5.535,76	-3.034,89
	8	-4.824,69	-8.278,66	487,60	1.405,93	99,90%	-7.011,44	-4.886,88	-2.424,06
	9	-6.482,88	-9.402,82	-1.999,14	1.192,71	100,00%	-8.353,48	-6.529,25	-4.449,29

Tabela 9 - Coeficiente de correlação entre o VPL_{∞} esperado e as variáveis de risco para venda de madeira em pé.

Sítio	Variáveis de Risco		
	Taxa de Juros	Valor da Terra	Preço da Madeira em pé
I	-0,689	-0,070	0,695
II	-0,565	-0,069	0,798
III	-0,426	-0,103	0,883

3.1.2 Madeira colhida

Os resultados obtidos para a venda da madeira colhida, apresentados na Tabela 10, mostram que o maior valor de VPL_{∞} para o Sítio I foi de R\$ 13.310,75, e ocorreu no ano 6, indicando que essa é a idade ótima de rotação. Contudo, se houver necessidade de se postergar a colheita para o sétimo ano, ainda não há probabilidade de ocorrer um VPL_{∞} negativo, ressaltando o baixo risco do plantio de eucalipto nesse sítio.

A melhor idade para corte no sítio II é de 7 anos, onde o VPL_{∞} foi de R\$724,48. Embora esse valor seja positivo, há uma probabilidade de 41% de ocorrência de VPL_{∞} negativo. No ano 7 o desvio padrão é de R\$2.698,19, logo uma diminuição no VPL_{∞} equivalente a menos de um terço deste valor é suficiente para tornar o plantio de eucalipto para venda de madeira colhida nesse sítio economicamente inviável.

O VPL_{∞} esperado do sítio III, determinado para as diversas idades de corte, indica que não há viabilidade econômica para a venda da madeira colhida. Assim, para se definir a rotação econômica, escolhe-se a idade em que o VPL_{∞} é menos negativo, o que ocorre aos 8 anos. As estatísticas apresentadas para este sítio confirmam que o mesmo não é um bom local para o plantio de eucalipto nas condições estabelecidas neste estudo, já que não existe probabilidade de se obter VPL_{∞} positivo.

Ao se optar por vender madeira colhida ao invés de vender a floresta em pé, agrega-se valor ao produto florestal e, em consequência, espera-se que haja aumento na lucratividade da atividade florestal. Contudo, comparando os resultados da Tabela 10 com os resultados da Tabela 8, observa-se que isto ocorre apenas nos sítios I e II, ou seja, o VPL_{∞} é maior quando se vende a madeira colhida que quando se vende madeira em pé. No sítio III ocorre efeito contrário, ou seja, o VPL_{∞} cai ao invés de aumentar. Isto ocorre porque a

diferença entre o preço da madeira colhida e o da madeira em pé não é suficiente para cobrir o custo de colheita, que nos sítios piores é maior que nos sítios mais produtivos (TABELA 4).

A Tabela 11 apresenta o coeficiente de correlação associado a cada variável de risco considerada para a venda da madeira colhida. A exemplo do que ocorreu na situação de venda de madeira em pé, aqui o preço da madeira também teve correlação positiva com o VPL_{∞} e foi a variável que mais o influenciou. As variáveis valor da terra e taxa de juros também mantiveram o mesmo comportamento da situação anterior. O efeito do custo de colheita no VPL_{∞} aumenta à medida que a qualidade do sítio piora, ou seja, sítios menos produtivos tendem a ser mais prejudicados economicamente com aumentos neste custo. O fato de o custo de colheita por metro cúbico ser maior em sítios menos produtivos, faz com que a sensibilidade do VPL_{∞} a esta variável seja maior que nos sítios mais produtivos.

Tabela 10 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira colhida.

Sítio	Idade	VPL_{∞}			Desvio padrão	$VPL_{\infty} < 0$	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
		Esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)					
I	5	6.793,59	-2.746,05	21.154,59	3.589,38	2,00%	1.266,38	6.605,63	13.027,70
	6	13.310,75	2.382,04	30.192,31	4.136,12	0,00%	7.022,47	13.026,89	20.619,20
	7	12.223,50	1.991,85	28.183,20	3.907,36	0,00%	6.322,95	11.930,04	19.152,25
II	6	-1.918,18	-8.968,87	9.452,07	2.608,17	77,00%	-6.029,49	-2.001,59	2.605,84
	7	724,48	-6.471,60	12.870,92	2.698,19	41,50%	-3.456,17	582,10	5.450,36
	8	-547,71	-6.989,45	10.462,40	2.432,56	61,00%	-4.301,35	-685,96	3.719,21
III	7	-8.799,05	-15.022,95	-1.812,54	2.086,61	100,00%	-12.214,18	-8.838,19	-5.310,50
	8	-7.910,81	-13.521,28	-1.167,63	1.960,66	100,00%	-11.097,41	-7.948,68	-4.614,95
	9	-9.171,62	-14.167,91	-3.429,55	1.699,31	100,00%	-11.939,91	-9.201,46	-6.327,35

Tabela 11 - Coeficiente de correlação entre o VPL_{∞} esperado e as variáveis de risco para venda de madeira colhida.

Sítio	Variáveis de Risco			
	Taxa de Juros	Valor da Terra	Preço da Madeira	Custo de colheita
I	-0,647	-0,045	0,714	-0,166
II	-0,457	-0,057	0,835	-0,228
III	-0,126	-0,070	0,920	-0,320

3.1.3 Madeira entregue no pátio da planta de carbonização

Os resultados obtidos para a venda da madeira entregue na planta de carbonização, apresentados na Tabela 12, apontam a idade de 6 anos como rotação econômica para o sítio I, independente da distância de transporte. Embora todos os cenários estudados para esse sítio apresentem viabilidade econômica, verifica-se que, como era esperado, para a mesma idade, há uma redução nos resultados econômicos quando há aumento na distância percorrida até a carvoaria, e quanto maior a distância, maior o risco de se obter prejuízos ao adiantar ou postergar a colheita.

Para o sítio II, a idade da rotação econômica ocorre no ano 7 para todas as distâncias de transporte. Para a distância de 25 km, adiantar ou postergar a colheita pode acarretar prejuízos econômicos, mas o risco de ocorrência de VPL_{∞} negativo é baixo. Na distância de 50 km o sítio apresenta a máxima viabilidade econômica no sétimo ano e uma probabilidade de 74% de ocorrência de VPL_{∞} positivo, contudo, variação menor que um desvio padrão é suficiente para inviabilizar o projeto. Para a distância de 75 km o projeto não apresenta viabilidade econômica e na idade de 7 anos, que é a rotação econômica, tem uma probabilidade de 59% de ocorrência de VPL_{∞} negativo.

No sítio III a rotação econômica se dá aos 8 anos independente da distância de transporte. Contudo, apenas nos sítios I e II há probabilidade de ocorrer VPL_{∞} positivo.

Tabela 12 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira entregue na planta de carbonização. (continua)

Sítio	Distância	Idade	VPL_{∞}			Desvio padrão	$VPL_{\infty} < 0$	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
			Esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)					
I	25 Km	5	13.130,53	1.151,15	30.598,75	4.531,62	0,00%	6.068,48	12.831,10	21.109,99
		6	19.772,70	6.234,15	39.500,08	5.121,73	0,00%	11.936,76	19.391,93	28.861,92
		7	18.115,80	5.413,80	36.760,26	4.816,06	0,00%	10.782,77	17.733,01	26.722,23
	50 Km	5	8.784,74	-3.160,75	24.694,04	4.283,61	0,80%	2.069,10	8.564,65	16.302,17
		6	15.341,10	1.856,81	33.557,63	4.806,28	0,00%	7.902,59	15.021,45	23.916,92
		7	14.074,79	1.440,38	31.229,29	4.510,24	0,00%	7.133,27	13.754,79	22.168,44
	75 Km	5	5.143,15	-5.488,64	19.830,20	4.117,58	10,70%	-1.330,77	4.953,34	12.242,82
		6	11.627,64	-230,57	28.645,84	4.579,42	0,03%	4.473,22	11.319,99	19.667,68
		7	10.688,65	-427,90	26.816,15	4.287,59	0,10%	4.056,41	10.378,04	18.246,52
II	25 Km	6	3.101,57	-5.498,76	15.971,39	3.317,77	18,00%	-2.101,47	2.896,61	8.901,21
		7	5.591,95	-3.243,50	19.110,64	3.415,64	4,00%	325,03	5.359,71	11.570,42
		8	3.803,13	-4.181,18	16.076,25	3.080,64	11,00%	-935,16	3.578,28	9.207,65
	50 Km	6	-342,20	-8.662,13	11.231,31	3.174,00	56,00%	-5.349,65	-482,10	5.091,90
		7	2.252,56	-6.500,68	14.475,32	3.234,37	26,00%	-2.807,95	2.067,99	7.904,39
		8	818,10	-7.059,44	11.878,45	2.911,36	41,00%	-3.724,88	645,44	5.915,95
	75 Km	6	-3.227,92	-11.981,82	8.112,08	3.089,65	85,00%	-8.200,19	-3.296,19	2.056,44
		7	-545,65	-8.937,80	11.457,20	3.115,76	59,00%	-5.491,75	-674,63	4.853,21
		8	-1.683,15	-9.231,21	9.205,61	2.799,91	73,00%	-6.108,49	-1.805,79	3.170,68

Tabela 12 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes idades de corte nos sítios I, II e III para venda de madeira entregue na planta de carbonização. (conclusão)

Sítio	Distância	Idade	VPL_{∞}			Desvio padrão	$VPL_{\infty} < 0$	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
			Esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)					
III	25 Km	7	-4.616,41	-11.656,40	5.431,94	2.569,34	96,00%	-8.754,62	-4.683,72	-272,36
		8	-4.015,40	-10.545,74	5.823,72	2.435,09	94,00%	-7.876,49	-4.095,39	136,53
		9	-5.777,78	-11.485,95	2.611,64	2.100,49	99,60%	-9.132,80	-5.841,17	-2.220,91
	50 Km	7	-7.485,09	-15.338,20	1.300,85	2.525,09	99,90%	-11.612,65	-7.532,94	-3.216,40
		8	-6.687,13	-13.822,82	1.957,99	2.373,44	99,80%	-10.542,70	-6.740,29	-2.647,95
		9	-8.105,55	-14.490,99	-772,56	2.056,75	100,00%	-11.476,22	-8.144,49	-4.623,50
	75 Km	7	-9.888,87	-18.398,22	-1.627,29	2.519,66	100,00%	-14.099,56	-9.909,79	-5.676,21
		8	-8.925,87	-16.680,48	-782,06	2.352,32	100,00%	-12.811,19	-8.951,92	-4.978,56
		9	-10.056,04	-16.987,55	-3.171,29	2.047,79	100,00%	-13.464,61	-10.076,35	-6.628,93

É possível verificar a influência da distância de transporte da madeira na viabilidade e no risco de um projeto florestal, independente do sítio estudado. Portanto, para alocar a unidade de produção de carvão deve-se levar em consideração a distância que a madeira deve percorrer desde o talhão até o local escolhido para tal unidade.

A Tabela 13 apresenta o coeficiente de correlação associado a cada variável de risco considerada, para a venda da madeira entregue no pátio da planta de carbonização. Como já ocorreu nas situações anteriores, o preço da madeira é a variável que mais influencia o valor esperado do VPL_{∞} . O comportamento das variáveis taxa de juros, custo de colheita e valor da terra foi semelhante ao das situações de venda de madeira em pé e de madeira colhida, sendo válidas aqui todas as análises já apresentadas sobre as mesmas anteriormente.

Tabela 13 - Coeficiente de correlação entre o VPL_{∞} esperado e as variáveis de risco para venda de madeira entregue na planta de carbonização.

Distância	Sítio	Variáveis de Risco				
		Taxa de Juros	Valor da Terra	Preço da Madeira	Custo de colheita	Custo de transporte
25 km	I	-0,65	-0,05	0,70	-0,12	-0,10
	II	-0,51	-0,05	0,80	-0,17	-0,11
	III	-0,27	0,06	0,90	-0,24	-0,11
50 km	I	-0,59	-0,05	0,75	-0,13	-0,13
	II	-0,42	-0,05	0,85	-0,18	-0,14
	III	-0,15	-0,07	0,92	-0,25	-0,15
75 km	I	-0,53	-0,05	0,79	-0,13	-0,16
	II	-0,34	-0,05	0,88	-0,19	-0,17
	III	-0,05	-0,07	0,93	-0,25	-0,17

Como era esperado, o sinal do coeficiente de correlação associado ao custo de transporte é negativo, indicando uma relação inversa desta variável com valor o esperado do VPL_{∞} . Assim, uma variação no valor do custo de transporte provoca uma alteração em sentido contrário no valor deste indicador econômico, sendo os sítios menos produtivos mais sensíveis a esta variação.

3.1.4 Efeito da agregação de valor à madeira

A Tabela 14 mostra que a agregação de valor ao preço da madeira não influenciou na rotação econômica, ou seja, nos três sítios, a idade ótima de corte permanece a mesma independentemente se a madeira é vendida em pé, colhida ou entregue na planta de carbonização. Por outro lado, é nítido o efeito desse fenômeno na viabilidade econômica e no risco da atividade florestal. Por exemplo, no sítio II, o investimento é inviável se a madeira for vendida em pé ($VPL_{\infty} = R\$ -637,61$) e há 65% de chances de não se obter lucro nesta atividade ($VPL_{\infty} < 0$). Contudo, se a mesma for colhida o investimento já se torna interessante ($VPL_{\infty} = R\$ 724,48$) e a probabilidade de se obter VPL_{∞} negativo cai para 41%. Transportando-se a madeira até a planta de carbonização, a viabilidade econômica do investimento melhora ainda mais ($VPL_{\infty} = R\$ 2.252,56$), e o risco de se investir na atividade torna-se aceitável (26%). É evidente que esta situação só ocorrerá se o aumento no preço da madeira, devido a colheita e ao transporte, forem maiores que os respectivos custos destas atividades, como se verifica nos sítios I e II. Já no caso do sítio III, vender madeira em pé é melhor que vender madeira colhida, pois o VPL_{∞} esperado passa de $R\$ -4.824,69$ para $R\$ -7.910,81$. A explicação para isso é que a diferença entre o preço da madeira colhida ($R\$ 65,00/m^3$) e o da madeira em pé ($R\$ 45,00/m^3$) é menor que o custo de colheita ($R\$ 24,58/m^3$).

Tabela 14 - Efeito da agregação de valor ao preço da madeira na rotação econômica, na viabilidade econômica e no risco do investimento.

Sítio	Rotação (anos)	Madeira em pé		Madeira colhida		Madeira na planta de carbonização	
		VPL _∞ (R\$.ha ⁻¹)	VPL _∞ <0 (%)	VPL _∞ (R\$.ha ⁻¹)	VPL _∞ <0 (%)	VPL _∞ (R\$.ha ⁻¹)	VPL _∞ <0 (%)
I	6	7.399,90	0	13.310,75	0	15.341,10	0
II	7	-637,61	65	724,48	41	2.252,56	26
III	8	-4.824,69	100	-7.910,81	100	-6.687,13	100

*As informações desta tabela foram retiradas das tabelas 8, 9 e 10.

3.2 Análise econômica da reforma em condições de risco

3.2.1 Madeira em pé

A Tabela 15 mostra que se a madeira for vendida em pé, o melhor momento de se fazer a reforma é após a realização de três cortes, ou seja, após cortar o povoamento do alto fuste e os povoamentos originados do manejo da primeira e segunda brotação. Esta afirmação é sustentada pelo fato de que, em todos os sítios, o maior VPL_∞ esperado (ou VPL_∞ médio) ocorre quando a reforma se dá após a realização de três cortes. Além disso, se a reforma for feita após três cortes, há uma probabilidade menor de se obter VPL_∞ negativo (VPL_∞ <0) do que se ela ocorrer após um ou dois cortes, exceto no caso do sítio I em que não há risco de ocorrência de valor negativo em nenhuma situação.

No sítio III, se a reforma for realizada após um corte, a probabilidade de se obter VPL_∞ negativo é de 97,7%, ou seja, o risco de se ter prejuízo adotando-se esta opção de manejo é alto. Por outro lado, se a opção de manejo for pela reforma após três cortes, o risco cai para 53,9%.

Souza, Rezende e Oliveira (2001), ao estudarem a situação onde não há progresso tecnológico ao longo do tempo em que um povoamento florestal é conduzido, concluíram que reformar o plantio após a condução da segunda

brotação é mais viável economicamente, que aumentar ou diminuir o número de cortes antes da substituição do povoamento.

Rezende, Oliveira e Rodrigues (2005), ao considerarem uma redução de 10% na produção da brotação com relação ao corte anterior, definiram que quando os tributos aplicados a produção florestal não são considerados na análise econômica, o momento de substituir os povoamentos é após o terceiro corte. Contudo, quando os tributos são levados em conta, há um aumento na idade de rotação e a reforma passa a ocorrer após o quarto corte.

Tabela 15 - VPL_∞ esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma e sítio para venda da madeira em pé.

Sítio	Reforma	VPL _∞ (R\$.ha ⁻¹)			Desvio Padrão	VPL _∞ < 0 (%)	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
		Esperado	Mínimo	Máximo					
I	Após 1 ^o corte	8.196,66	560,83	19.407,73	3.015,38	0,0	3.665,10	7.956,74	13.561,02
	Após 2 ^o corte	12.697,90	4.172,48	25.756,29	3.405,90	0,0	7.591,85	12.427,12	18.913,86
	Após 3 ^o corte	12.864,12	4.705,06	25.613,42	3.304,86	0,0	7.929,78	12.580,58	18.826,93
II	Após 1 ^o corte	28,79	-5.176,12	7.938,12	1.983,93	51,9	-3.002,88	-105,29	3.495,29
	Após 2 ^o corte	4.133,29	-2.337,31	14.256,19	2.289,94	2,2	626,69	3.978,93	8.113,10
	Após 3 ^o corte	4.529,07	-1.596,02	14.145,28	2.246,95	1,0	1.115,83	4.362,10	8.547,62
III	Após 1 ^o corte	-4.252,55	-7.844,13	1.788,67	1.438,78	97,7	-6.493,63	-4.332,06	-1.755,13
	Após 2 ^o corte	-527,38	-4.770,29	8.012,41	1.693,24	64,4	-3.118,15	-641,39	2.458,50
	Após 3 ^o corte	-44,12	-4.501,45	7.653,17	1.654,44	53,9	-2.594,47	-160,76	2.890,50

Guedes et al. (2011) afirmaram que mesmo que haja uma redução de 70% da produtividade da brotação, o sistema de talhadia se mantém economicamente viável em condição de risco.

A Tabela 16 mostra o coeficiente de correlação associado a cada variável de risco, ou seja, a maneira com que cada uma delas afeta o VPL_{∞} esperado. Variáveis que apresentam correlação positiva com este indicador o afetam de maneira direta e o contrário ocorre com as que apresentam correlação negativa com o mesmo. Nota-se que o preço da madeira e o volume de madeira da primeira e segunda brotação apresentam correlação positiva, ou seja, aumentos nestas variáveis provocam aumentos no VPL_{∞} . Por exemplo, no sítio I, no caso de reforma após o primeiro corte, o coeficiente de 0,68 indica que havendo um aumento de R\$1,00 no preço do m^3 de madeira ocorrerá um aumento de R\$0,68 no VPL_{∞} , por hectare. No caso das demais variáveis, como a correlação é negativa, haverá queda no VPL_{∞} se o valor das mesmas aumentar.

No sítio I, a taxa de juros é a variável que mais influencia o VPL_{∞} . O efeito desta variável no indicador econômico aumenta à medida que se fazem mais cortes no povoamento antes de se realizar a reforma. Nota-se ainda, que seu efeito diminui à medida que a qualidade do sítio piora, ou seja, uma alteração na taxa de juros afeta mais o VPL_{∞} dos sítios mais produtivos que a dos menos produtivos.

O valor da terra é a variável de risco que menos afeta o VPL_{∞} . Seu efeito tende a ser maior nos sítios menos produtivos e nas situações em que a reforma se dá após o primeiro corte. O volume de madeira da primeira brotação afeta mais o VPL_{∞} que o volume da segunda brotação. Quanto pior o sítio, maior o efeito destas variáveis sobre aquele indicador econômico.

Souza, Rezende e Oliveira (2001) afirmam que aumento em fatores como taxa de desconto e produtividade das talhadias, causam aumentos no

número de cortes antes da substituição, já aumentos no preço da madeira e na produtividade do alto fuste, causam redução no número de cortes antes da substituição.

Tabela 16 - Coeficiente de correlação entre o VPL_{∞} esperado e as variáveis de risco

Sítio	Reforma	Variáveis de Risco				
		Taxa de Juros	Valor da Terra	Preço da Madeira	Volume da 1ª brotação	Volume da 2ª brotação
I	Após 1 ^o corte	-0,704	-0,059	0,68	-	-
	Após 2 ^o corte	-0,75	-0,056	0,572	0,266	-
	Após 3 ^o corte	-0,762	-0,058	0,56	0,204	0,144
II	Após 1 ^o corte	-0,585	-0,092	0,775	-	-
	Após 2 ^o corte	-0,676	-0,075	0,635	0,274	-
	Após 3 ^o corte	-0,692	-0,074	0,621	0,212	0,184
III	Após 1 ^o corte	-0,458	-0,091	0,863	-	-
	Após 2 ^o corte	-0,599	-0,077	0,704	0,309	-
	Após 3 ^o corte	-0,622	-0,078	0,687	0,245	0,167

3.2.2 Madeira colhida

A opção de vender madeira colhida em vez de vender a floresta em pé, permite agregar valor ao produto florestal e, em consequência, espera-se que haja aumento na lucratividade da atividade florestal. Contudo, ao comparar os resultados das Tabela 15 e da Tabela 17, nota-se que isto ocorre apenas nos sítios I e II, ou seja, o VPL_{∞} é maior quando se vende a madeira colhida, que quando se vende madeira em pé. No sítio III o efeito é contrário, ou seja, o VPL_{∞} cai ao invés de aumentar. Isto ocorre porque a diferença entre o preço da madeira colhida e o da madeira em pé não é suficiente para cobrir o custo de colheita, que nos sítios piores é maior que nos sítios mais produtivos (TABELA 4). Este efeito do custo de colheita fica evidente também quando se analisa as probabilidades de se obter VPL_{∞} negativo. Nota-se que reformando o povoamento após três cortes há 53,9% de chances disso ocorrer se a madeira for

vendida em pé. Por outro lado, vendendo-se a madeira colhida esta probabilidade sobe para 92,6%, ou seja, a agregação de valor ao produto proporcionou um aumento no risco do investimento.

Quando se vende madeira colhida, o melhor momento de realizar a reforma nos povoamentos dos sítios II e III é após o terceiro corte, mas no sítio I é após o segundo corte. Neste sítio, a diferença entre o VPL_{∞} esperado das situações de reforma após dois ou três cortes é pequena (R\$ 72,56), sinalizando que, dependendo da combinação das variáveis de risco, pode ser que a reforma após três cortes se torne economicamente mais interessante. Por exemplo, um aumento no volume de madeira obtido no terceiro corte do povoamento (volume da segunda brotação) aumenta o VPL_{∞} esperado e, dependendo do impacto deste aumento, pode ser interessante prorrogar a reforma por mais uma rotação.

O efeito do custo de colheita sobre o VPL_{∞} aumenta à medida que piora a qualidade do sítio, ou seja, alterações no valor desta variável afetam mais a lucratividade dos sítios menos produtivos. O fato do custo por m^3 de madeira colhida ser maior nos sítios piores explica este comportamento. Por outro lado, em um mesmo sítio, a tendência é de que haja queda no efeito deste custo à medida que aumenta a quantidade de cortes feitos antes da reforma.

A Tabela 18 mostra que no sítio I, a exemplo do que ocorreu no caso de venda de madeira em pé, a taxa de juros é a variável que mais influencia o VPL_{∞} . Contudo, nos sítios II e III, o preço da madeira é a que mais afeta este indicador econômico.

Tabela 17 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma e sítio.

Sítio	Reforma	VPL_{∞} (R\$.ha ⁻¹)			Desvio Padrão	$VPL_{\infty} < 0$ (%)	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
		Esperado	Mínimo	Máximo					
I	Após 1 ^o corte	14.106,74	3.669,74	30.627,49	4.224,65	0,0	7.724,69	13.775,29	21.701,78
	Após 2 ^o corte	18.347,02	6.368,58	38.225,45	4.531,33	0,0	11.551,58	17.981,19	26.448,59
	Após 3 ^o corte	18.274,46	6.871,63	35.553,78	4.377,69	0,0	11.706,15	17.892,58	26.169,62
II	Após 1 ^o corte	1.390,77	-5.868,41	12.806,49	2.747,91	33,0	-2.847,70	1.241,78	6.242,52
	Após 2 ^o corte	5.435,13	-2.872,50	18.911,75	2.944,44	1,8	948,55	5.228,20	10.591,47
	Após 3 ^o corte	5.777,86	-2.184,35	18.352,56	2.864,75	0,8	1.457,61	5.585,10	10.837,24
III	Após 1 ^o corte	-7.345,00	-12.912,17	-226,59	1.954,32	100,0	-10.508,58	-7.393,31	-4.046,76
	Após 2 ^o corte	-3.489,87	-9.098,60	4.499,11	2.019,59	95,1	-6.685,97	-3.578,18	-35,75
	Após 3 ^o corte	-2.890,71	-8.179,75	4.642,77	1.960,72	92,6	-5.960,72	-2.973,64	-453,28

Tabela 18 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de risco e o VPL_{∞} , para as diferentes situações de reforma e sítio.

Sítio	Reforma	Variáveis de Risco					
		Taxa de Juros	Valor da Terra	Custo de Colheita	Preço da madeira	Volume da 1 ^a brotação	Volume da 2 ^a brotação
I	Após 1 ^o corte	-0,663	-0,043	-0,173	0,709	-	-
	Após 2 ^o corte	-0,707	-0,044	-0,154	0,632	0,222	-
	Após 3 ^o corte	-0,715	-0,045	-0,152	0,625	0,171	0,127
II	Após 1 ^o corte	-0,487	-0,054	-0,225	0,827	-	-
	Após 2 ^o corte	-0,582	-0,049	-0,198	0,731	0,196	-
	Após 3 ^o corte	-0,599	-0,048	-0,195	0,720	0,147	0,144
III	Após 1 ^o corte	-0,143	-0,076	-0,329	0,915	-	-
	Após 2 ^o corte	-0,312	-0,073	-0,302	0,844	0,206	-
	Após 3 ^o corte	-0,337	-0,076	-0,299	0,835	0,161	0,125

3.2.3 Madeira entregue na planta de carbonização

O transporte de madeira do local do plantio até o pátio da planta de carbonização agrega mais valor a este produto. Contudo, dependendo da distância a ser percorrida, pode ou não, haver aumento da lucratividade da atividade florestal, conforme mostram os dados da Tabela 19. Por exemplo, no sítio I, se a reforma for feita após o segundo corte, o VPL_{∞} esperado aumenta R\$18.347,02, se a madeira for vendida para ser entregue no local em que foi colhida (Tabela 17), para R\$ 24.532,93, se ela for entregue no pátio de uma planta de carbonização situada a 25 Km de distância (Tabela 18). Contudo, se a distância de transporte for de 75 Km, haverá redução daquele indicador econômico para R\$ 16.747,18.

No sítio III, o plantio de eucalipto apresentou VPL_{∞} negativo quando se considerou a venda de madeira em pé (Tabela 15) ou colhida (Tabela 17). Transportando-se madeira a uma distância de 25 Km e realizando-se a reforma após dois ou três cortes, é possível obter valores positivos para este indicador econômico.

O momento ótimo de substituir os povoamentos de eucalipto não se alterou quando a variável custo de transporte foi introduzida na análise econômica. Assim, independentemente de se vender madeira colhida ou madeira entregue no pátio da planta de carbonização, a reforma dos povoamentos de eucalipto do sítio I deve ser feita após dois cortes, e a dos sítios II e III após três cortes.

Para a distância de transporte de 75 km, no sítio I, a melhor opção é reformar após dois cortes. Contudo, a diferença entre o VPL_{∞} esperado para a condição de reforma após dois cortes e a de reforma após três cortes é de apenas R\$ 4,39 por hectare. Pode-se supor que havendo pequena alteração em qualquer das variáveis de risco pode ocorrer mudanças no indicador econômico de

magnitude suficiente para tornar a opção de reformar após três cortes mais atrativa que a de reformar após dois cortes.

À medida que a distância de transporte aumenta, cresce o risco de se ter situações de inviabilidade econômica ou prejuízo na atividade florestal. No sítio I, por exemplo, para a venda da madeira em pé ou colhida não havia risco de se ter VPL_{∞} negativo, entretanto, se a madeira tiver que ser transportada a uma distância de 75Km e se a reforma for realizada após o primeiro corte, há uma pequena chance (0,5%) de haver prejuízo. A esta distância, no sítio III, não há chance de se obter lucro se a reforma for feita após o primeiro corte, e há uma pequena chance de viabilidade econômica se ela for feita após o segundo (2,7%) ou terceiro corte (5,0%).

Como era esperado, o efeito do custo de transporte sobre o VPL_{∞} esperado é maior à medida que a distância a ser percorrida aumenta, conforme mostram os dados da Tabela 20. No caso do sítio I, na condição de reforma após o primeiro corte, o coeficiente de correlação passa de -0,075 para a distância de 25 Km para -0,154 para a distância de 75 Km.

A magnitude do efeito da taxa de juros sobre o VPL_{∞} esperado cai à medida que a distância de transporte aumenta. Já no caso do valor da terra e dos custos de colheita e transporte, a magnitude desse efeito sobe à medida que aumenta a distância.

O preço da madeira e o volume de madeira da primeira e segunda brotação são as variáveis de risco que se relacionam de maneira direta com o VPL_{∞} esperado. Considerando-se um mesmo sítio e uma mesma situação de reforma, a magnitude do coeficiente de correlação do custo de transporte sobe à medida que a distância de transporte aumenta. Por outro lado, no caso do volume das brotações, a tendência é de queda da magnitude do coeficiente com o aumento da distância.

Tabela 19 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma, distância de transporte e sítio (continua)

8

Sítio	Distância	Reforma	VPL_{∞}			Desvio padrão	$VPL_{\infty} < 0$	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
			Esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)					
I	25 Km	Após 1 ^o corte	20.579,26	7.597,25	41.562,82	5.277,31	0	12.594,17	20.205,94	29.952,22
		Após 2 ^o corte	24.532,93	10.952,79	46.257,30	5.532,93	0	16.197,99	24.058,37	34.420,65
		Após 3 ^o corte	24.199,14	11.080,85	43.775,65	5.338,36	0	16.162,48	23.764,47	33.719,43
	50 Km	Após 1 ^o corte	16.148,78	2.953,36	35.728,07	4.960,23	0	8.632,63	15.827,60	24.952,62
		Após 2 ^o corte	20.298,03	6.994,85	40.472,64	5.192,14	0	12.450,22	19.896,47	29.615,07
		Após 3 ^o corte	20.143,47	6.829,18	38.335,98	5.014,36	0	12.567,31	19.755,91	29.155,63
	75 Km	Após 1 ^o corte	12.433,43	-237,95	31.887,21	4.716,01	0,5	5.230,04	12.109,94	20.709,37
		Após 2 ^o corte	16.747,18	3.757,92	35.531,83	4.927,20	0	9.290,46	16.435,92	25.556,93
		Após 3 ^o corte	16.742,79	4.257,39	34.993,51	4.760,27	0	9.476,00	16.393,73	25.272,79
II	25 Km	Após 1 ^o corte	6.257,09	-3.004,08	19.407,61	3.436,07	2,2	937,66	6.037,84	12.194,69
		Após 2 ^o corte	10.092,17	325,74	24.949,31	3.632,76	0	4.530,79	9.859,54	16.425,16
		Após 3 ^o corte	10.246,08	955,43	23.793,10	3.524,04	0	4.851,38	10.031,19	16.454,94
	50 Km	Após 1 ^o corte	2.917,96	-6.043,99	15.918,65	3.247,91	19,3	-2.167,75	2.768,78	8.492,06
		Após 2 ^o corte	6.897,73	-2.971,90	20.564,31	3.414,01	0,9	1.609,75	6.698,53	12.801,55
		Após 3 ^o corte	7.181,28	-2.249,14	20.088,80	3.310,91	0,5	2.012,34	6.976,55	12.951,40
	75 Km	Após 1 ^o corte	119,82	-7.870,60	12.087,41	3.132,19	49,8	-4.851,77	10,24	5.519,81
		Após 2 ^o corte	4.220,52	-4.083,61	16.698,09	3.261,68	9,2	-817,61	4.063,75	9.843,87
		Após 3 ^o corte	4.612,84	-3.341,86	16.606,43	3.162,85	6,4	-278,25	4.453,50	10.099,11

Tabela 19 - VPL_{∞} esperado e estatísticas descritivas para as diferentes situações de reforma, distância de transporte e sítio (conclusão)

Sítio	Distância	Reforma	VPL_{∞}			Desvio padrão	$VPL_{\infty} < 0$	5% (R\$.ha ⁻¹)	50% (R\$.ha ⁻¹)	95% (R\$.ha ⁻¹)
			Esperado (R\$.ha ⁻¹)	Mínimo (R\$.ha ⁻¹)	Máximo (R\$.ha ⁻¹)					
III	25 Km	Após 1 ^o corte	-3.440,62	-10.562,37	5.869,50	2.481,90	91	-7.373,90	-3.528,85	827,97
		Após 2 ^o corte	249,60	-6.817,86	11.361,90	2.583,49	48,6	-3.721,78	114,81	4.745,29
		Após 3 ^o corte	703,28	-6.207,86	11.520,48	2.512,04	43,7	-3.182,23	557,71	5.094,67
	50 Km	Após 1 ^o corte	-6.112,12	-13.684,34	1.976,16	2.408,41	99,4	-10.015,50	-6.143,67	-2.086,80
		Após 2 ^o corte	-2.308,81	-9.239,83	6.920,62	2.462,90	81,9	-6.212,89	-2.386,05	1.936,40
		Após 3 ^o corte	-1.755,38	-8.287,51	7.263,28	2.391,64	76,9	-5.535,59	-1.854,27	2.354,56
	75 Km	Após 1 ^o corte	-8.351,79	-15.978,63	-531,19	2.389,60	100	-12.260,20	-8.372,87	-4.396,55
		Após 2 ^o corte	-4.453,64	-11.187,79	4.797,42	2.399,02	97,3	-8.291,00	-4.510,81	-371,63
		Após 3 ^o corte	-3.816,60	-10.454,95	5.228,08	2.325,23	95	-7.503,99	-3.894,41	116,91

Tabela 20 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de risco e o VPL_{∞} esperado, para as diferentes situações de reforma, de distância de transporte e sítio. (continua)

8

Distância de Transporte	Sítio	Reforma	Variáveis de Risco						
			Taxa de Juros	Valor da Terra	Custo de Colheita	Custo de Transporte	Preço da madeira	Volume da 1ª brotação	Volume da 2ª brotação
25 Km	I	Após 1º corte	-0,676	-0,023	-0,145	-0,075	0,706	-	-
		Após 2º corte	-0,71	-0,027	-0,133	-0,072	0,643	0,197	-
		Após 3º corte	-0,716	-0,027	-0,131	-0,071	0,638	0,151	0,121
	II	Após 1º corte	-0,531	-0,028	-0,16	-0,105	0,793	-	-
		Após 2º corte	-0,598	-0,025	-0,142	-0,097	0,716	0,199	-
		Após 3º corte	-0,61	-0,025	-0,139	-0,097	0,708	0,155	0,146
	III	Após 1º corte	-0,307	-0,05	-0,254	-0,098	0,896	-	-
		Após 2º corte	-0,425	-0,046	-0,231	-0,09	0,825	0,193	-
		Após 3º corte	0,44	-0,047	-0,229	-0,09	0,819	0,15	0,134
50 Km	I	Após 1º corte	-0,615	-0,025	-0,152	-0,121	0,754	-	-
		Após 2º corte	-0,662	-0,029	-0,139	-0,108	0,688	0,193	-
		Após 3º corte	-0,669	-0,03	-0,138	-0,109	0,682	0,147	0,121
	II	Após 1º corte	-0,441	-0,029	-0,171	-0,135	0,841	-	-
		Após 2º corte	-0,526	-0,027	-0,153	-0,127	0,765	0,199	-
		Após 3º corte	-0,541	-0,027	-0,15	-0,125	0,756	0,156	0,142

Tabela 20 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de risco e o VPL_{∞} esperado, para as diferentes situações de reforma, de distância de transporte e sítio. (conclusão)

Distância de Transporte	Sítio	Reforma	Variáveis de Risco						
			Taxa de Juros	Valor da Terra	Custo de Colheita	Custo de Transporte	Preço da madeira	Volume da 1ª brotação	Volume da 2ª brotação
50 Km	III	Após 1 ^o corte	-0,191	-0,05	-0,259	-0,143	0,922	-	-
		Após 2 ^o corte	-0,326	-0,047	-0,24	-0,133	0,865	0,185	-
		Após 3 ^o corte	-0,344	-0,048	-0,239	-0,131	0,859	0,145	0,128
75 Km	I	Após 1 ^o corte	-0,554	-0,027	-0,158	-0,154	0,793	-	-
		Após 2 ^o corte	-0,612	-0,031	-0,145	-0,141	0,725	0,192	-
		Após 3 ^o corte	-0,621	-0,031	-0,143	-0,142	0,719	0,147	0,12
	II	Após 1 ^o corte	-0,359	-0,032	-0,178	-0,186	0,874	-	-
		Após 2 ^o corte	-0,46	-0,03	-0,161	-0,172	0,803	0,191	-
		Após 3 ^o corte	-0,477	-0,029	-0,158	-0,172	0,793	0,149	0,138
III	Após 1 ^o corte	-0,19	-0,054	-0,268	-0,19	0,929	-	-	
	Após 2 ^o corte	-0,234	-0,051	-0,25	-0,181	0,888	0,176	-	
	Após 3 ^o corte	-0,254	-0,053	-0,249	-0,178	0,883	0,139	0,123	

3.2.4 Efeito da agregação de valor à madeira

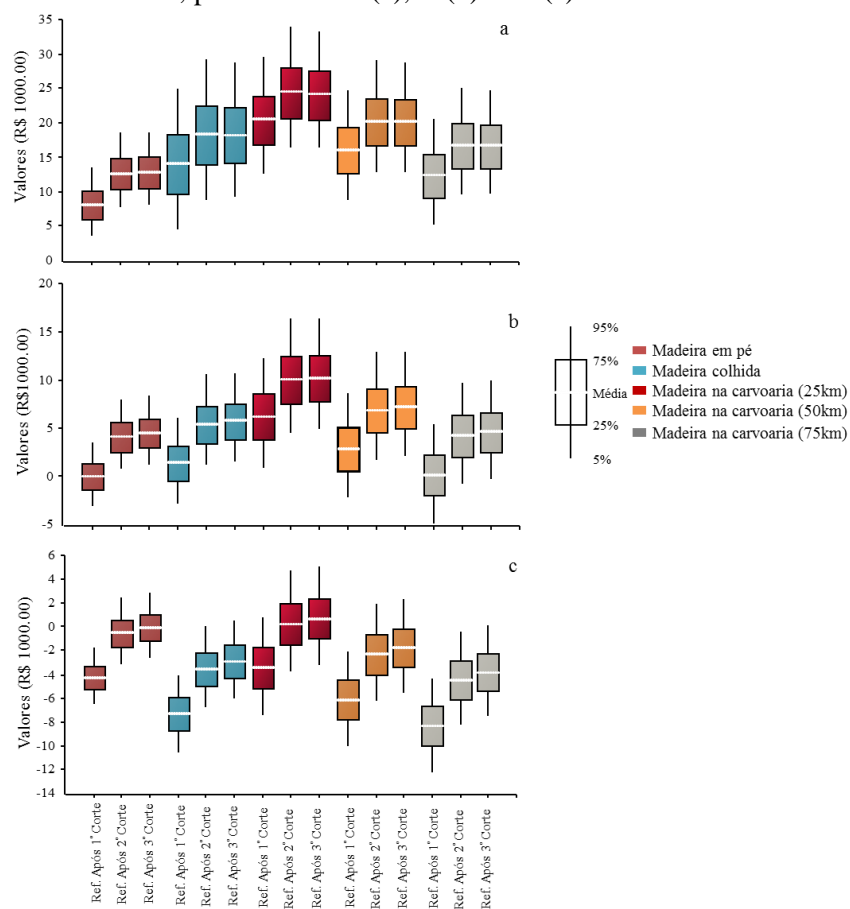
A Figura 8 mostra que, independentemente do sítio considerado, o maior VPL_{∞} esperado é obtido quando a madeira é entregue no pátio da planta de carbonização (carvoaria), situado a 25 Km de distância dos plantios.

Nos sítios I e II o VPL_{∞} esperado aumenta à medida que se agrega mais valor a madeira. Contudo, se a distância dos plantios à carvoaria for de 75 Km, é mais interessante vender a madeira colhida no local onde se situam os plantios, que na carvoaria. Neste caso, a diferença entre os preços de venda da madeira colhida e da madeira entregue na carvoaria é menor que o custo de transporte.

No sítio III é mais interessante vender madeira em pé que vender madeira colhida, pois o aumento no preço da madeira colhida em relação ao preço da madeira em pé não é suficiente para cobrir o custo de colheita, que nos sítios mais pobres é maior que nos sítios mais produtivos. Também é preferível vender a madeira em pé que entregue na carvoaria, se esta estiver situada a distâncias iguais ou superiores a 50 Km. Neste caso, a soma dos custos de colheita e de transporte é maior que a diferença entre os preços de venda da madeira nas duas situações acima mencionadas.

Para as condições em que este estudo foi realizado, fica evidente que o momento ótimo de se realizar a reforma não pode ser após o primeiro corte, já que é nítida a superioridade econômica das situações de reforma após o segundo ou terceiro corte. Nota-se que o VPL_{∞} esperado para a reforma após um corte é muito menor que aquele encontrado quando a reforma é feita após o segundo ou terceiro corte. Por outro lado, a diferença entre o VPL_{∞} esperado das situações de reforma após o segundo e terceiro corte é pequena.

Figura 8 - Comportamento do VPL_{∞} esperado nas diferentes situações de reforma, para os sítios I (a), II (b) e III (c).



4 CONCLUSÕES

A rotação econômica dos povoamentos de eucalipto estudados foi de 6, 7 e 8 anos nos sítios I, II e III, respectivamente. Antecipar ou postergar a rotação econômica implicou em reduzir a lucratividade da atividade florestal e aumentar o risco de inviabilizá-la economicamente.

Nos sítios II e III, deve-se fazer a reforma após três cortes, independentemente de se vender madeira em pé, colhida ou entregue no pátio da planta de carbonização. Já no sítio I, a reforma deve ser feita após três cortes, se a madeira for vendida em pé, e após dois cortes, se ela for colhida e vendida no local do plantio ou entregue no pátio da planta de carbonização. Antecipar ou postergar a reforma do povoamento implicou em reduzir a lucratividade da atividade florestal, e aumentar o risco de inviabilizá-la economicamente.

No estudo da rotação econômica, o preço da madeira afetou de maneira direta ou positiva a lucratividade dos povoamentos de eucalipto. A magnitude do coeficiente de correlação desta variável foi maior, à medida em que a distância de transporte aumentou e, também, à medida em que a qualidade do sítio diminuiu. As variáveis valor da terra, custo de transporte, custo de colheita e taxa de juros, afetaram de maneira inversa ou negativa a lucratividade, mas esta última variável é que teve o maior coeficiente de correlação, sendo que sua magnitude diminuiu à medida que a qualidade do sítio piorou e, também, à medida que a distância de transporte aumentou.

No estudo da reforma, o preço da madeira causou o maior efeito direto ou positivo na lucratividade dos povoamentos de eucalipto, seguido pelos volumes de madeira da primeira e segunda brotações. A magnitude do coeficiente de correlação da primeira variável foi maior à medida que a qualidade do sítio piorou e a distância de transporte aumentou. Já no caso das

outras duas variáveis, houve queda naquele coeficiente, à medida em que caiu a qualidade do sítio e aumentou a distância de transporte.

No estudo da reforma, o maior efeito inverso ou negativo na lucratividade dos povoamentos de eucalipto foi causado pela taxa de juros, seguido pelo custo de colheita, custo de transporte e valor da terra. Em sítios menos produtivos a magnitude do coeficiente de correlação da taxa de juros tendeu a ser menor que em sítios mais produtivos, e o contrário, ocorreu com o custo de colheita, custo de transporte e valor da terra. A magnitude do coeficiente da taxa de juros caiu à medida em que a distância de transporte aumentou e, o contrário, ocorreu com o custo de colheita, custo de transporte e valor da terra.

A agregação de valor à madeira afetou positivamente a viabilidade econômica e o risco da atividade florestal, nos sítios mais produtivos e de forma negativa nos sítios menos produtivos, contudo, não influenciou na rotação econômica, ou seja, nos três sítios, a idade ótima de corte permaneceu a mesma, independentemente se a madeira for vendida em pé, colhida ou entregue na planta de carbonização.

Em sítios mais produtivos a agregação de valor à madeira tendeu a reduzir o número de cortes a ser feito nos povoamentos de eucalipto antes da reforma.

REFERÊNCIAS

- ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico**: ano base 2012. São Paulo: ABRAF, 2013. 148 p.
- ALMADO, R. P. Manejo de brotação em áreas da Arcelor Mittal Bio Florestas Ltda. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 21, n. 42, p. 34-38, 2015.
- ALVARENGA, S. C. Estudo econômico do tempo ótimo de corte de eucalipto nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 23, n. 125, p. 30-43, 1976.
- AMARAL, T. S.; BORGES, C. L. T.; REI, A. M. Avaliação da confiabilidade composta sob o enfoque do bem estar utilizando simulação Monte Carlo não-sequencial. **Sociedade brasileira de automática**, Natal, v. 20, n. 2, p. 164-176, 2009.
- ANTONANGELO, A. **As inovações tecnológicas na silvicultura brasileira e seus impactos sobre a expansão desta atividade**. 1996. 156 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada.) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1996.
- ANTONANGELO, A.; BACHA, C. J. C. As fases da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 1, p. 207-209, 1998.
- ARBEX, D. C.; SILVA, D. M. R. Manejo de brotação de eucalipto na Copener Florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 21, n. 42, p. 7-13, 2015.
- BACHA, C. J. C. A evolução do desmatamento no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 111-135, 1995.
- BRIGHAM, E. F.; EHRHARDT, M. C. **Administração Financeira**: teoria e prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. Análise do Risco na Avaliação de Projetos de Investimento: Uma Aplicação do Método Monte Carlo. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v.1, n. 6, p. 62-75, 1998.

CARDOSO, D.; AMARAL, H. F. O Uso da Simulação de Monte Carlo na Elaboração do Fluxo de Caixa Empresarial: Uma Proposta para Quantificação das Incertezas Ambientais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABEPRO, 2000.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B.H. **Análise de investimentos:** matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 7. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 448 p.

CHAVES, R.; MARRICHI, A. H. C. Manejo de talhadia (2ª Rotação) na Duratex. **Série Técnica IPEF**. v. 21, n. 42, p. 45-51, 2015.

CHICHORRO, J. F. **Avaliação econômica de experimentos de adubação de *Eucalyptus grandis* no cerrado de Minas Gerais**. 1987. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 1987.

COATES, E. R.; KUHL, M. E. Using simulation software to solve engineering economy problems. **Computers & Industrial Engineering**, New York, v. 45, n. 2, p. 285-294, 2003.

COELHO JÚNIOR, L.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D.; COIMBRA, L. A. B.; SOUZA, A. N. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, 2008.

CORRAR, L. J. O modelo econômico da empresa em condições de incerteza – aplicação do método de simulação de Monte Carlo. **Caderno de Estudos**, São Paulo, n. 8, p. 1-11, abr. 1993.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M.; LACERDA, J. S. **Comparação de dois modelos de prognose de madeira de *Eucalyptus* para alto fuste e talhadia**. Piracicaba: IPEF, 1989.

FERRARI, M. P.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **Condução de plantios de *Eucalyptus* em sistema de talhadia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 28 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 104).

FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P. Rotação econômica de plantios de *Eucalyptus grandis* para a produção de celulose. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 222-241, 2004.

GOMES, F.S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R. Análise financeira de regimes de manejo em povoamentos de *Pinus taeda* L. visando a produção de madeira para processo na indústria de papel e celulose. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p 227-243, 1998.

GOMES, F. S.; SANQUETTA, C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; GRAÇA, L. R.; MAESTRI, R. Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em pinus taeda L. **Revista Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 13-31, 2002.

GONÇALVES, J. C. **Análise de risco aplicada à determinação da rotação econômica**. 2014. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.

GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; BAZANI, J. H.; HAKAMADA, R. E. Nutrição e Adução da cultura do eucalipto manejada no sistema de talhadia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba v. 21, n. 42, p. 15-27, 2015.

GUEDES, I. C. L. et al. Economic analysis of replacement regeneration and coppice regeneration in *Eucalyptus* stands under risk conditions. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 393-401, 2011.

HACURA, A.; JADAMUS-HACURA, M.; KOCOT, A. Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique. **European Physical Journal B**, v. 20, n. 4, p. 551-553, 2001.

HOLECY, J.; HANEWINKEL, M. A forest management risk insurance model and its application to coniferous stands in southwest Germany. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 161-174, 2006.

IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores 2014** - ano base 2013. Anuário: Brasília, 2014. 100p.

IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores 2016** - ano base 2015. Anuário: Brasília, 2016. 100 p.

JÖBSTL, H. A. Do altered prices and logging costs for logs of small diameters affect the optimum rotation of Norway spruce in mountainous regions? **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 13, n. 4, p. 266-272, 2011.

KLEIN, J.E.M.; SCHENEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Viabilidade econômica das alternativas de compra, arrendamento ou parceria em reflorestamentos com *Eucalyptus sp*, na região de Guaíba, RS. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1992. v. 2, p. 423-437.

LIMA JÚNIOR, V. B.; REZENDE, J. L. P.; SILVA, M. L. Os estágios de produção e a idade ótima de corte: diferença entre a teoria da produção instantânea e a preferência temporal na produção florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 393-401, 1999.

LOISEL, P. Faustmann rotation and population dynamics in the presence of a risk of destructive events. **Journal of Forest Economics**, Amsterdam, v. 17, n. 3, p. 235-247, 2011.

LOPES, H.V.S. **Análise econômica dos fatores que afetam a Rotação de Povoamentos de Eucaliptos**. 1990. 188 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 332 p. Dissertação (Mestrado em História Social) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

MATOS, C. M. **Viabilidade e análise de risco de projetos de irrigação: estudo de caso do Projeto Jequitai (MG)**. 2002. 142 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

MATTHEWS, J. D. **The coppice system**. Oxford: Clarendon, 1992.

MOORE, J.; WEATHERFORD, L.R. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

NOBRE, S. R.; RODRIGUEZ, L. C. E. Um método para composição e avaliação econômica de regimes de talhadia simples. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 60, p. 29-44, dez. 2001.

NOCE, R.; SILVA, M. L. D.; SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. Análise de risco e retorno do setor florestal: produtos da madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 77-84, 2005.

ODA, A. L.; GRAÇA, C. T.; LEME, M. Análise de riscos de projetos agropecuários: um exemplo de como fundamentar a escolha entre projetos alternativos e excludentes. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ECONOMIA E GESTÃO DE REDES AGROALIMENTARES, 3. , 2001, Ribeirão Preto. **Anais...** São Paulo: FEA-USP, 2001.

PALISADE CORPORATION. **@Risk: risk analysis add-in for Excel**. Version 5.5. New York, 2009. Software.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. (Embrapa Florestas, Documentos 38).

PULIDO, J.; JACOBS, T.; LIMA, E. Structural reliability using Monte-Carlo simulation with variance reduction techniques on elastic-plastic structures. **Computers & structures**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 419-430, 1992.

RESENDE, R. R.; VALE, A. B.; SOARES, T. S.; SILVA, M. L.; COUTO, L.; E VALE, R.S. Emprego de um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 219-225, 2004.

REZENDE, J. L. P.; MINETTE, L. J.; TORQUATO, M. C. Determinação da idade ótima de corte para *Eucalyptus spp.*, para as regiões litorâneas, metalúrgicas e do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, n.1, p. 78-89, 1987.

REZENDE, J. L. P.; PAULA Jr., G. G., RIBEIRO, G. A. Técnicas de Análises Econômicas Usadas na Tomada de Decisão Referentes à Reforma de Eucaliptais. In: SEMINÁRIO SOBRE ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA REFORMA DE EUCALIPTAIS. 1987. **Anais...**Belo Horizonte, UFV-SIF, 1987.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Relações entre a idade de corte e o horizonte de planejamento, em povoamentos de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 95-107, 1994.

REZENDE, J. L. P.; SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D. Estudo do momento ótimo de reforma para povoamentos de *Eucalyptus spp* - o caso do aumento das receitas. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 59, p. 27-39, 2001.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D.; RODRIGUES, C. Efeito dos tributos no custo de produção, na rotação e na reforma de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 70-83, 2005.

REZENDE, J. L. P.; PADUA, C. T. J. ; OLIVEIRA, A. D. ; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de fomento florestal com Eucalipto no estado de Minas Gerais. **Cerne**. Lavras. v. 12, p. 221-231, 2006.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2013. 385 p.

RODRIGUEZ, L. C. E. Gerenciamento da produção florestal. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v. 13, n. 1, p. 1-41, 1991.

RODRIGUEZ, L. C. E. Um critério de decisão para reforma ou condução de eucaliptais que considera a distância de transporte. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 47-50, 1997.

SECURATO, J.R. **Crédito: Análise e avaliação do risco**. São Paulo: Saint Paul, 2002.

SILVA, A. A. L. **Análise econômica da substituição de povoamentos de *Eucalyptus* spp.** 1990, 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

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.

SILVA, G. F. **Problemas no uso de programação matemática e simulação em regulação florestal**. 2001. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa: UFV, 2002. 178 p.

SILVA, S. C.; OLIVEIRA, A. D.; COELHO JUNIOR, L. M.; REZENDE, J. L. P. Economic viability of cerrado vegetation management under conditions of risk. **Cerne**, Lavras, v. 17, p. 141-149, 2011.

SILVA, N. F. **Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia**. 2013. 65 p. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. MG, 2013.

SILVA, C. S. J.; OLIVEIRA, A. D.; COELHO JUNIOR, L. M.; SCOLFORO, J. R. S.; SOUZA, A. N. Viabilidade econômica e rotação florestal de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*), em condições de risco. **Cerne**, Lavras v. 20, p. 113-122, 2014.

SIMÕES, J.W. et al. **Formação, Manejo e Exploração de Florestas com Espécies de Rápido Crescimento**. Brasília: IBDF, 1981.

SIMÕES, J.W.; COTO, N.A.S. Efeito do número de brotos e da fertilização mineral sobre o crescimento da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith, em segunda rotação. **IPEF**, Piracicaba, v. 31, p. 23-32, 1985.

SIQUEIRA, J. D. P. A atividade florestal como um dos instrumentos de desenvolvimento do Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. 6., 1990. Campos do Jordão, **Anais...** Campos do Jordão, v. 6, p.15-8, 1990.

SOUZA, A. N.; REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Momento ótimo de substituição de povoamentos de eucalyptus spp – o caso da tecnologia constante. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 93-103, 2001.

SOUZA, J. L. M. **Modelo para a análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro**. 2001. 253 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2001.

SOUZA, B. R. **Determinação do Risco Financeiro em Sistemas Agroflorestais utilizando o método Monte Carlo**. 2013. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

STAPE, J. L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.11, n. 30, p. 51-62, 1997.

TAVARES, B.S.; BORGES JÚNIOR, J.C.F.; CORREA, M.M.; LIMA, J.R.S.; DANTAS NETO, J. Análise de risco e otimização de recursos hídricos e retorno financeiro em nível de fazenda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 4, p. 338-346, 2011.

UNDERDOWN, M.; BUSH, D. Coppicing eucalypt plantations: boon or bane? **Australian Forest Growers**, Melbourne, v. 25, n. 2, p. 18-19, 2002.

VIANA, L. A.; JOAQUIM, M. S.; SOUZA, A. N.; SANCHES, K. L.; CAMELO, A. P. S. Método Monte Carlo aplicado em florestas energéticas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1883. 2013.

VIRGENS, A. P.; FREITAS, L. C.; LUZ, D. S.; MOREIRA, A. C. D. Análise econômica e de sensibilidade em projetos de reflorestamentos no estado da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n. 21, p 120-127, 2015.

VOLPI, N. M. P. **O impacto de perturbações estocásticas em um modelo de planejamento florestal**. 1997. 250 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1997.

WHITTOCK, S. P.; GREAVES, B. L.; APIOLAZA, L. A. A cash flow model to compare coppice and genetically improved seedling options for *Eucalyptus globulus* pulpwood plantations. **Forest Ecology and Management**, Philadelphia, v. 191, p. 267–274, 2004.