

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO PARA REFLORESTAMENTO DE
EUCALIPTO UTILIZANDO MULTIPRODUTOS**

MAURÍCIO SCORSATTO SARTORI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção de título de Doutor
em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP

Maio – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO PARA REFLORESTAMENTO DE
EUCALIPTO UTILIZANDO MULTIPRODUTOS**

MAURÍCIO SCORSATTO SARTORI

Orientador: Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Faria

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção de título de Doutor
em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP

Maio – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S251p Sartori, Maurício Scorsatto, 1970-
Proposta de otimização para reflorestamento de eucalipto utilizando multiprodutos / Maurício Scorsatto Sartori. Botucatu : [s.n.], 2013
vii, 70 f.: il., grafs., tabs.

Tese(Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Magali Ribeiro da Silva
Co-orientador: Luiz Carlos Faria
Inclui bibliografia

1. Eucalipto. 2. Reflorestamento. 3. Viabilidade econômica. 4. Serrarias. I. Silva, Magali Ribeiro da. II. Faria, Luiz Carlos. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

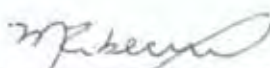
TÍTULO: "PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO PARA REFLORESTAMENTO DE EUCALIPTO UTILIZANDO MULTIPRODUTOS"

ALUNO: MAURICIO SCORSATTO SARTORI

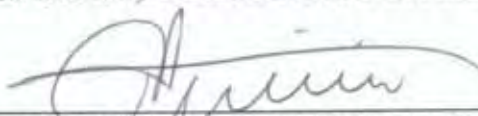
ORIENTADORA: PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA

COORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS DE FARIA

Aprovado pela Comissão Examinadora



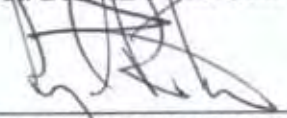
PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA



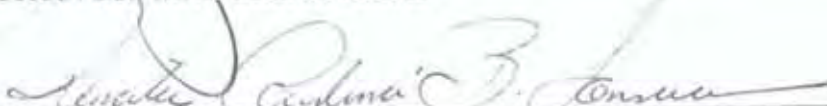
PROF. DR. RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO



PROF. DR. DANILO SIMÕES



PROF. DR. LUIZ CESAR RIBAS



PROFA. DRA. RENATA CRISTINA BATISTA FONSECA

Data da Realização: 17 de maio de 2013.

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho
aos meus familiares
e amigos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram para que este trabalho pudesse ser finalizado. São muitos amigos que irão se identificar lendo esta Tese, e todos sabem do meu reconhecimento.

Aos familiares.

A amiga e orientadora Prof^a Dra Magali Ribeiro da Silva.

Ao amigo e co-orientador Prof. Dr Luiz Carlos Faria.

Ao Programa de pós-graduação em Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP Botucatu, pela oportunidade concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado.

*“O temor do Senhor é a instrução
da sabedoria, e a humildade
precede a honra.”*

(Provérbios de Salomão cap.15, vers.33)

*“A liberdade é uma conquista,
o sucesso é um prêmio,
e a renovação é o único,
único caminho para se chegar
aos nossos objetivos.”*

(Autor desconhecido)

SUMÁRIO

1	RESUMO	1
2	ABSTRACT	2
3	INTRODUÇÃO	3
4	REVISÃO DE LITERATURA	8
4.1	Eucalipto no Estado de São Paulo	8
4.2	Processos silviculturais	11
4.2.1	Implantação e manutenção de reflorestamentos	11
4.2.2	Colheita de reflorestamentos	14
4.3	Multiprodutos e modelos para sortimento da madeira.....	16
4.4	Preço da madeira proveniente de reflorestamentos	20
4.5	Análise econômica de reflorestamentos.....	21
5	MATERIAL E MÉTODOS	27
5.1	Área de estudo	27
5.2	Coleta de dados	30
5.2.1	Inventário florestal.....	30
5.2.2	Sortimento e modelo de afilamento.....	31
5.2.3	Estimativa de custos e receitas	35
5.3	Definição das estratégias ou tratamentos.....	37
5.4	Análise econômica.....	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1	Inventário florestal e modelo de afilamento	42
6.2	Custos e receitas.....	47
6.2.1	Implantação e manutenção do reflorestamento	47
6.2.2	Custos de colheita do reflorestamento.....	50
6.2.3	Definição dos preços de comercialização.....	55

6.3	Análise econômica.....	58
7	CONCLUSÕES.....	62
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) gerado a partir do modelo de afilamento para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	44
Figura 2 – Distribuição diamétrica de <i>Eucalyptus grandis</i> com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	46
Figura 3 – Custos para o procedimento de corte do reflorestamento ($\text{R\$ ha}^{-1}$) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	52
Figura 4 – Custos para procedimentos de remoção, empilhamento e carregamento da madeira ($\text{R\$ ha}^{-1}$) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	54
Figura 5 – Custos totais do processo de colheita da madeira ($\text{R\$ ha}^{-1}$) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	55
Figura 6 – Comparativo das receitas totais do processo comercialização ($\text{R\$ ha}^{-1}$) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	57
Figura 7 – Resultados do Valor Presente Líquido e Valor Esperado da Terra ($\text{R\$ ha}^{-1}$) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	59
Figura 8 – Resultados da Taxa Interna de Retorno (em %) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição de frequência das árvores-amostra utilizadas para ajuste do modelo de afilamento.....	31
Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros da equação do quinto grau ajustada aos dados inventariados no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	43
Tabela 3 – Distribuição diamétrica e altura média de <i>Eucalyptus grandis</i> com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	45
Tabela 4 – Custos de produção dos processos de implantação e manutenção do reflorestamento de <i>Eucalyptus grandis</i> com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	48
Tabela 5 – Custos operacionais do processo de colheita do reflorestamento de <i>Eucalyptus grandis</i> com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	50
Tabela 6 – Descrição dos produtos, preços unitários e receita total para as diferentes estratégias de comercialização do reflorestamento de <i>Eucalyptus grandis</i> com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.	56

1 RESUMO

SARTORI, Maurício Scorsatto, **Proposta de otimização para reflorestamento de eucalipto utilizando multiprodutos**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu. Orientado por: Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva, Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Faria.

Este estudo analisa a produção e o retorno econômico de um reflorestamento de *Eucalyptus grandis* com 12 anos de idade em uma propriedade rural no município de Bofete, estado de São Paulo. O objetivo principal foi comparar o retorno econômico quando se utiliza um mesmo povoamento florestal para diferentes estratégias de comercialização, como de um único produto ou a comercialização de multiprodutos a partir de uma seleção diamétrica, com propósitos de geração de energia ou processamento da madeira em serrarias. Foram definidas e caracterizadas cinco estratégias de comercialização através do volume de madeira quantificado por um modelo de afilamento com polinômio de 5º grau, do levantamento dos custos de implantação, variações nos custos de colheita decorrentes dos diferentes sortimentos, e receitas alcançadas a partir dos preços dos produtos comercializados. Os indicadores econômicos calculados foram o Valor Presente Líquido (R\$ ha⁻¹), Valor Esperado da Terra (R\$ ha⁻¹) e Taxa Interna de Retorno (%), considerando-se uma taxa de desconto de 7,25%. Como resultados foram encontrados Valor Presente Líquido que variaram entre R\$ 3.626,37 ha⁻¹ e R\$ 5.539,60 ha⁻¹, Valor Esperado da Terra entre R\$ 6.753,67 ha⁻¹ e R\$ 10.316,82 ha⁻¹, e Taxa Interna de Retorno de 13,30% a 15,58%, sendo as estratégias com multiprodutos aquelas que apresentaram retornos superiores em todos os métodos. Pode-se concluir que todas as estratégias apresentaram resultados econômicos positivos, de modo que a atividade florestal é uma opção viável para pequenas e médias propriedades rurais, principalmente com o sortimento da madeira.

Palavras-chave: *Eucalyptus* sp., sortimento, modelo de afilamento, avaliação econômica.

2 ABSTRACT

SARTORI, Maurício Scorsatto, **Optimization proposal for eucalypt plantations using multiproducts**. 2013. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Paulista State University “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu. Adviser: Profa. Dra. Magali Ribeiro da Silva, Co-adviser: Prof. Dr. Luiz Carlos Faria.

This study analyzes the production and economic payback from a reforestation of 12 years old *Eucalyptus grandis* crop in a rural area of Bofete town, state of São Paulo. The main objective was to compare the economic payback when using the same forest stand for different marketing strategies, as a single product or marketing of multiproduct from a diametric selection for purposes of power generation or processing of wood in sawmills. Five marketing strategies were defined and specified through the timber volume measured by a taper model with polynomial of 5th degree, the definition of deployment costs, changes in harvesting costs arising from the different assortments, and revenues achieved from the prices of marketed products. The economic indicators that were calculated are: Net Present Value (R\$ ha⁻¹), Soil Expected Value (R\$ ha⁻¹) and Payback Internal Rate (%), assuming a discount rate of 7.25%. The analysis showed Net Present Value ranging from 3,626.37 R\$ ha⁻¹ to 5,539.60 R\$ ha⁻¹, Soil Expected Value between 6,753.67 R\$ ha⁻¹ and 10,316.82 R\$ ha⁻¹, and Payback Internal Rate of 13.30% to 15.58%, being multiproduct strategies those who achieved better payback in all methods. It can be concluded that all strategies had positive economic results, so that forestry is a viable option for small and medium farms, especially with the assortment of wood.

Keywords: *Eucalyptus* sp., assortment, taper model, economic evaluation.

3 INTRODUÇÃO

Plantar árvores e melhorar seus frutos foi uma das preocupações do homem desde o estabelecimento das primeiras atividades agrícolas. Inicialmente, visava apenas o seu sustento; mais tarde, passou-se a cultivar a terra por razões econômicas e até mesmo por questões estratégicas (LEÃO, 2000). Das florestas, o homem retira uma infinidade de produtos úteis: alimentos, remédios, gomas, resinas, corantes, óleos e fibras. Mas é a madeira, com certeza, seu produto mais valioso: ela é, ao mesmo tempo, combustível, material de construção e matéria prima para a fabricação de inúmeros artigos indispensáveis à vida humana. Graças ao desenvolvimento dos processos químicos, sua utilização tornou-se ainda mais ampla, a ponto de ficar conhecida na Alemanha como *Universalrohstoff*, ou seja, a matéria da qual se pode retirar qualquer coisa (LEÃO, 2000).

O setor florestal brasileiro, que reúne florestas tropicais abundantes e uma produção integrada, da floresta à manufatura, com base em plantações de pinus e eucaliptos, construiu ao longo dos anos, uma estrutura produtiva sofisticada – com relações entre os fornecedores e as indústrias de bens intermediários e de consumo (MAPA, 2007).

Segundo os dados mais recentes da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2012), o setor brasileiro de florestas plantadas contribui significativamente no processo econômico do país, participando com valor bruto da produção na ordem de 53,91 bilhões de reais e consequentes 7,60 bilhões recolhidos como tributos, aproximadamente 5,0% da arrecadação nacional, além do envolvimento de 5,0% da população economicamente ativa, que representa geração superior a 4,73 milhões

de empregos, e, de modo significativo, determina um saldo de 7,97 bilhões de dólares nas exportações, montante que representa 19,2% do saldo da balança comercial brasileira.

Esses resultados, consequentes do domínio tecnológico sobre o processo de produção de madeira em reflorestamentos, que atualmente determinam altas produtividades a custos relativamente baixos, e das condições excepcionais da indústria de base florestal, as quais estão principalmente relacionadas aos aspectos de liderança em custo e diferenciação dos produtos (MAPA, 2007), determinam que as empresas florestais brasileiras dos setores de celulose e papel, painéis de madeira e siderurgia, se ampliem constantemente para o abastecimento do mercado interno ou para a demanda internacional.

Ainda em MAPA (2007) é destacado a estruturação de dois modelos de organização industrial presentes no caso brasileiro. De um lado, em especial nos setores de celulose, papel, lâmina de madeira, chapa de fibra e madeira aglomerada, o setor é dominado por poucas empresas de grande porte, integradas verticalmente da floresta até produtos acabados, que monopolizam completamente a produção e o comércio. De outro, principalmente na produção de madeira serrada, compensados e móveis, ocorre a existência de um grande número de empresas de pequeno e médio porte, de menor capacidade empresarial. No caso da indústria de móveis, além da variedade no uso de materiais, o setor apresenta uma forte pulverização das preferências dos consumidores, levando a uma redução da escala da demanda e a uma enorme fragmentação do mercado.

Atualmente a produção florestal brasileira já incorpora investimentos em melhoramento genético e mecanização dos processos de cultivo e colheita, determinando excelentes resultados quanto à manutenção ou expansão da área plantada e incremento da produção, porém, uma tendência pode ser considerada preocupante: a participação de pequenos e médios produtores é significativamente reduzida, sendo esse processo de produção, exemplificado pelos reflorestamentos dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, realizado quase que exclusivamente pelas próprias empresas florestais em grandes maciços de reflorestamentos no entorno das fábricas, normalmente em propriedades rurais pertencentes ao grupo empresarial, com material genético específico, desenvolvido pela própria empresa e maquinário para implantação e colheita próprios ou subsidiados a terceiros.

Essa situação é facilmente identificada no Estado de São Paulo, onde reflorestamentos contínuos de eucalipto, em áreas superiores a 50.000 hectares, podem ser encontrados nas regiões de Botucatu, Itapetininga, Itapeva, Mogi das Cruzes,

Pindamonhangaba, sempre vinculados a empresas florestais tradicionais e, em outras regiões, principalmente no oeste do Estado, a maioria dos municípios apresentam áreas plantadas que não somam a 1.000 hectares, distribuídas em um número reduzido de propriedades rurais.

Neste contexto, pelo simples fato de promover uma maior escala de oferta e demanda de madeira ao mesmo tempo, ocorre que os preços da madeira de reflorestamento são normalmente direcionados por essas empresas, influenciando não só em processos de fomento florestal e arrendamento de terras para o processo silvicultural, como também, na comercialização de madeira para produção de energia e madeira serrada, que envolve uma maior participação de pequenas e médias propriedades rurais para abastecimento.

Essa influência na comercialização e preço da madeira, associada à falta de tradição dos proprietários rurais com relação à silvicultura moderna – tradicionalmente a pecuária sempre foi a maior aptidão desses proprietários, associado aos processos tradicionais de exploração de florestas nativas para suprir a demanda de madeira – os quais pouco conhecem ou ainda pouco valorizam as tecnologias já utilizadas pelas tradicionais empresas florestais, proporciona também uma menor produtividade nos seus reflorestamentos, fatores que vêm a desmotivar o envolvimento prolongado com a silvicultura.

Além disso, as variações no preço da madeira dificultam o planejamento da atividade visando a compatibilizar o consumo das indústrias de base florestal (demanda de madeira) e o aumento dos plantios florestais (oferta). Essa situação pode inibir investimentos no setor, principalmente de empresários de pequeno porte, visto que, normalmente, as grandes áreas de florestas estão ligadas às grandes indústrias (ALMEIDA et al., 2010).

Como exemplo, pode ser mencionado o atual descontentamento dos proprietários rurais do Estado de São Paulo que investiram em reflorestamentos de eucaliptos entre os anos de 2003 e 2007, período em que as empresas florestais de celulose e papel e de painéis de madeira participavam como compradoras de madeira para o processo fabril e geração de energia e que, hoje, por estratégia particular frente às condições mercadológicas dos seus produtos, reduziram significativamente a aquisição externa de madeira, determinando uma redução mínima de 20% no valor da madeira das florestas, além dos percentuais inflacionários.

Ainda, como característica marcante da silvicultura utilizando-se eucaliptos, os ordenamentos estão quase que 100% direcionados a um único produto, já definido historicamente pelas já citadas empresas florestais, normalmente definindo-se produção a partir de manejo em curtas rotações, não superiores há 7,0 anos, e sem nenhuma proposta de desbaste da floresta, fato que limita a diversificação de produtos, principalmente aqueles provenientes da madeira com maiores diâmetros ou com a característica de maior densidade básica, os quais poderiam apresentar maior valor agregado para comercialização.

Como exceção, iniciativas recentes de seleção de toretes no processo de colheita, fortalecidas pela necessidade de madeira de eucalipto em serrarias para produção de “pallets” vêm determinando em alguns povoamentos de pequenas e médias propriedades rurais o sortimento da madeira colhida, porém, devido à significativa participação de agentes intermediários e manipulação dos preços de venda, os retornos financeiros para produtores rurais nem sempre se mostram interessantes.

Ocorre também certa desvalorização dessa madeira devido a sua qualidade, visto que, as características para maior estabilidade, de modo a se evitar ou minimizar rachamentos e torções dos toretes, não foram satisfatoriamente consideradas nos processos de melhoramento genético, tornando-se não disponíveis atualmente progênies ou clones comerciais selecionados preferencialmente por tais características.

Com base neste contexto, que parece configurar uma gestão unilateral das principais empresas florestais, e a perspectiva da falta de madeira para abastecimento de setores produtivos, até então, pouco dependentes dos reflorestamentos, mas que apresenta indícios de aumento no consumo de matéria prima de origem florestal – como construção civil, indústria moveleira, indústrias de embalagem, ou empresas que desejam uma utilização mais eficiente da biomassa proveniente da madeira –, a aplicação de critérios de análise econômica associados ao estudo do potencial de diversificação de produtos em reflorestamentos de eucalipto, pode definir um divisor entre o atual modelo silvicultural para um modelo que melhor beneficie os produtores rurais e provavelmente a sociedade como um todo.

Mesmo para o Estado de São Paulo, onde se desenvolve uma silvicultura definida como “moderna”, existe a necessidade de estudos capazes de gerar informações que auxiliem nas decisões quanto ao uso da madeira de reflorestamentos.

Neste sentido, a pesquisa operacional é uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. Tendo como foco a tomada de decisões, aplica conceitos e métodos de outras áreas científicas para concepção, planejamento ou operação de sistemas para atingir seu objetivo. Através de desenvolvimentos de base quantitativa, visa também introduzir elementos de objetividade e racionalidade nos processos de tomada de decisão, sem descuidar, no entanto, dos elementos subjetivos e de enquadramento organizacional que caracterizam os problemas (SOARES, 2002; SOBRAPO, 2013).

A possibilidade de representação e solução de problemas florestais complexos com recurso das técnicas de pesquisa operacional e o crescente desenvolvimento do setor computacional configuram um quadro determinante para a análise de decisões em recursos florestais (SOARES, 2002; FALCÃO e BORGES, 1999). Nas últimas décadas, o setor florestal tem buscado formas de melhorar o aproveitamento de uso da madeira, em razão da necessidade cada vez maior, da estabilidade da produção. Nesse sentido, o interesse em modelos de programação matemática tem crescido de forma significativa, especialmente no manejo florestal e na indústria madeireira de transformação (SOARES, 2002).

Assim sendo, a partir da aquisição de resultados provenientes do ajuste de um modelo de afilamento para um reflorestamento de eucaliptos em uma propriedade rural no município de Bofete, estado de São Paulo, considerando-se todo um contexto silvicultural para pequenas e médias propriedades rurais, o objetivo deste estudo consiste em comparar o retorno financeiro quando se utiliza um mesmo povoamento florestal para diferentes estratégias de comercialização, como de um único produto (madeira para geração de energia, por exemplo), ou a comercialização de multiprodutos a partir de uma simples seleção diamétrica.

Como hipótese a ser testada pressupõe-se que os resultados a partir da avaliação econômica determinarão como melhor alternativa, para pequenas e médias propriedades rurais, a comercialização de multiprodutos ao invés da comercialização de um único produto, ambos provenientes do mesmo processo de reflorestamento.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Eucalipto no Estado de São Paulo

Conforme ABRAF (2012), no ano 2011, a área ocupada por plantios florestais no Brasil totalizou 7.005.125 hectares, dos quais 69,6% correspondente à área de plantios de eucaliptos, consolidando-se 4.873.952 hectares e definindo o gênero como o principal utilizado nos processos de reflorestamento. A utilização do gênero nessa esfera é principalmente para o segmento de celulose e papel, que concentra 68,0% da área plantada, seguido pelos segmentos de siderurgia (20,9%), painéis de madeira industrializada (6,8%) e produtores independentes (4,2%), proporções que, na prática, determinam significativa concentração dos processos silviculturais e respectiva produção para empresas de significativa envergadura, verticalizadas e com enfoque no mercado consumidor nacional ou internacional.

Considerando a distribuição das áreas plantadas nos Estados, ABRAF (2012) destacam-se os Estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná, os quais detêm 85,8% dos plantios do gênero *Eucalyptus*. Destes, 54,2% está concentrado na região sudeste e o Estado de São Paulo aparece com a 2ª maior área plantada, que totaliza 1.044.813 hectares ou 21,2% do país, confirmando significativa importância do gênero no estado, o qual representa aproximadamente 85% entre todas as essências florestais plantadas.

No entanto, tendo o eucalipto uma ocupação inferior a 5,0% das áreas agricultáveis do Estado (SÃO PAULO, 2010) e contrariando a idéia de suficiência de produção, Castanho Filho (2003) e França (2008) afirmaram que o Estado de São Paulo

apresenta déficit de madeira para energia e serraria, existindo, portanto, a necessidade de se plantar florestas com espécies de rápido crescimento, manejando-as prioritariamente com desbastes seletivos para suprir o déficit dos produtos mencionados, agregar valor à madeira e gerar empregos regionais na cadeia produtiva do agronegócio florestal.

Como informação complementar, segundo ABRAF (2011), no Brasil há basicamente três grandes grupos de produtores florestais quanto ao porte e tipo da atividade desenvolvida: empresas verticalizadas, que são consumidoras de matéria-prima florestal própria, geralmente inseridas nos setores de papel e celulose, painéis de madeira industrializada, lâminas e compensados, serrarias e siderúrgicas a carvão vegetal; as TIMOs (*Timberland Investment Management Organizations*), empresas de gestão de investimentos florestais vinculadas ou não a fundos de pensão estrangeiros que adquirem ativos florestais para atuar como reflorestadoras independentes no mercado e também fornecem para grandes empresas que processam a madeira, transformando-a em produtos de maior valor agregado; e proprietários independentes de terras (pequenos e médios produtores) que investem em plantios florestais como fonte de renda a partir da comercialização da madeira em tora, podendo estabelecer contratos de suprimento, sistemas de parceria operacional (fomento, principalmente) ou atuar independentemente no mercado.

Considerando-se os três grupos, é comum a participação dos mesmos no estado de São Paulo, principalmente do primeiro, que é historicamente responsável pela maior parte dos plantios florestais existentes, condição que determina, em contrapartida, que o terceiro grupo, formado por proprietários rurais em pequenas e médias propriedades, uma participação pouco expressiva, pois tais propriedades, de 2 a 200 hectares, representam mais de 90% das aproximadamente 325.000 propriedades do Estado e somam aproximadamente 45,0% dos 20,50 milhões de hectares (SÃO PAULO, 2010).

Castanho Filho (2003) avaliando as terras do Estado, ainda menciona que o potencial de utilização para florestas nativas e reflorestamentos seria de 7,0 a 8,0 milhões de hectares. Considerando-se que aproximadamente 3,0 milhões de hectares já são ocupados com florestas naturais e as áreas reflorestadas ocupam atualmente 1,0 milhão de hectares, ainda existiriam potencialmente entre 3,0 e 4,0 milhões de hectares para utilização.

Analisando-se ainda a distribuição regional das áreas com reflorestamentos implantados considerando diferentes regiões do Estado, a baixa produção de madeira do gênero em algumas regiões, por exemplo, no oeste do Estado, pode ser considerada irrisória, determinando um déficit para as necessidades mínimas.

Ainda, como resultado pouco esperado e preocupante, segundo ABRAF (2012), nos últimos anos avaliados, o Estado de São Paulo já apresenta baixo crescimento das áreas de reflorestamentos, e, no último período de avaliação – 2010 a 2011 – apresentou crescimento negativo de 1,5%. Valor este, muito inferior aos 24,3% do Estado do Mato Grosso do Sul e 37,11% do Estado do Tocantins, onde principalmente empresas do setor de celulose e papel estão fazendo seus investimentos, e conjuntamente com os Estados do Maranhão, Piauí e Pará são designados como as novas “fronteiras florestais”.

Surge então no momento atual uma dúvida, se historicamente sempre existiu falta de madeira no Estado de São Paulo, – haja vista que o mesmo também se incluía no contexto de “apagão florestal” de décadas passadas – como explicar um crescimento pouco significativo dos plantios comerciais nos últimos anos? A de se concluir que talvez as crises econômicas mundiais sejam as justificativas, ou então, avaliando com toda responsabilidade necessária, pouco se investe no planejamento florestal do Estado, e, a médio e longo prazo, graves consequências poderão surgir, principalmente quando se avalia a necessidade de madeira para serrarias, construção civil e até produção de energia.

Em seu estudo para geração de um Índice Paulista de Potencialidade de Reflorestamento, o qual foi elaborado considerando-se os parâmetros área de pastagem, preço das terras de pastagem, Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o clima, por Escritórios de Desenvolvimento Regional (EDRs), França (2008) definiu sete principais regiões do Estado com maior potencial para expansão de projetos de reflorestamento, sugerindo o plantio de florestas de produção em cerca de 25% a 40% da área das propriedades rurais que optarem pelo plantio de florestas, para que o proprietário não dependa exclusivamente da floresta para sua sobrevivência e geração de caixa. A implementação da atividade florestal permitirá aumentar a probabilidade de sustentabilidade da propriedade, criar empregos, renda, colaborar para a fixação das famílias no campo e mantê-las na sua região de origem, abrindo novas oportunidades de crescimento e trabalho para as novas gerações.

Quando bem planejados, já existem subsídios que conferem aos reflorestamentos excelentes taxas internas de retorno (TIR), estimadas acima de 15%, que são superiores aos retornos da pecuária e a várias culturas anuais. Desta forma, um excelente propósito seria que ações governamentais para estimular proprietários rurais a plantarem florestas fossem realizadas prioritariamente em regiões específicas do Estado de São Paulo (ainda pouco influenciada pela silvicultura) e, concomitantemente, um processo de orientação técnica para produção e comercialização de novos produtos, promoveria melhores resultados socioeconômicos às regiões escolhidas.

4.2 Processos silviculturais

4.2.1 Implantação e manutenção de reflorestamentos

O eucalipto não é muito exigente no preparo do solo (WILCKEN et al. 2008), porém, desde o início da década de 1980, o preparo do solo para o plantio de eucalipto é considerado um fator primordial para o bom desenvolvimento das mudas e a uniformidade da produção do povoamento. Naquela década o cultivo do solo era intensivo, com amplo revolvimento das suas camadas superficiais e incorporação dos resíduos culturais, através do uso de arados e grades (GONÇALVES et al., 2000; FESSEL, 2003).

Atualmente, o processo de preparo do solo mais utilizado pelos produtores florestais é o cultivo reduzido do solo, também chamado de cultivo mínimo, o qual é realizado pela ação de uma haste subsoladora apenas na linha de plantio ou coveamento manual ou semimecanizado, com reduzido revolvimento do solo (GONÇALVES et al., 2000; FESSEL, 2003). Necessariamente, o controle inicial da matocompetição se faz utilizando-se herbicidas pós emergentes, com aplicações mecanizadas ou manuais, embora não se descarte, dependendo das condições, de procedimentos mecânicos antecedentes, como roçagem, trituração ou enleiramento de resíduos, eliminação de cepas e cupinzeiros, entre outros, que possam principalmente contribuir para um procedimento de subsolagem satisfatório (GONÇALVES et al., 2002).

Nesse sistema, a maior parte dos resíduos culturais é mantida sobre a superfície do solo, promovendo maior proteção contra processos erosivos e uma disponibilidade gradativa de nutrientes. As práticas de calagem (calcário dolomítico) e

fertilização de base (com ênfase para o nutriente P_2O_5) são comuns, e objetivando-se incrementos superiores aos materiais genéticos disponíveis atualmente, são práticas obrigatórias.

O plantio das mudas produzidas normalmente em tubetes pode ser manual e/ou semimecanizado, em espaçamentos pré definidos pela largura da subsolagem ou linha de coveamento. A irrigação é realizada para garantir a sobrevivência da muda e redução do replantio.

Entre os procedimentos de manutenção do plantio, é comum o controle periódico da matocompetição utilizando-se herbicidas pré e pós emergentes, substituindo-se ou em associação aos procedimentos tradicionais, tais como coroamento, arruamento, roçagem mecanizada ou manual (GONÇALVES et al., 2002). A fertilização de cobertura é normalmente obrigatória, a qual é realizada em duas ou três etapas visando fornecer os nutrientes de alta mobilidade no solo: nitrogênio, potássio e micronutrientes.

Segundo Wilcken et al. (2008), o controle de pragas e doenças sempre deve ser considerado. As formigas cortadeiras (saúvas e quenquéns) e cupins de solo são as principais pragas dos reflorestamentos de eucaliptos, podendo prejudicar mudas recém plantadas ou árvores de até vinte anos. Devido à maior quantidade de resíduos no sistema de cultivo mínimo, que encobrem em maior quantidade a superfície do solo, o combate de tais pragas apresenta maior dificuldade e devem ser realizados procedimentos preventivos e de acompanhamento utilizando-se formicidas e cupinicidas.

Entre as variações ambientais do local que influenciam nos custos de implantação e manutenção do reflorestamento destacam-se aquelas relacionadas ao tipo de solo, a sua cobertura atual e relevo. Na prática, a quantidade de resíduos no momento de preparo do solo, a ocorrência de obstáculos na superfície do terreno – como cepas de plantios anteriores –, a densidade de gramíneas ou outra planta invasora, e a ocorrência de áreas íngremes, podem determinar diferentes possibilidades de mecanização e variação na quantidade de fertilizantes e demais insumos (GAVA, 2002). Como complemento, há ainda a necessidade de uma análise dos rendimentos de todos os procedimentos executados nos processos.

Para Carmo et al. (2011), definindo-se tais procedimentos silviculturais e insumos necessários para o desenvolvimento satisfatório do reflorestamento, os quais podem ser considerados como fatores de custo, devem-se ainda considerar que os valores gastos dependem das características econômicas e sociais da

região de implementação do reflorestamento, e que influenciam, por exemplo, nos gastos com mão de obra, aquisição e transporte de insumos.

Além disso, estes custos variam de caso para caso considerando-se pequenas e médias propriedades, pois muitas fazem uso da mão de obra familiar reduzindo os custos de implantação, pois o custo de oportunidade deste fator, para o proprietário, pode ser menor que o praticado no mercado (REZENDE et al., 2006).

Analisando os levantamentos de custos para reflorestamentos de eucalipto em trabalhos científicos publicados (MELLIDO, 2012; CARMO et al. 2011; CORDEIRO et al., 2010; PAVAN et al., 2010; RAPASSI et al., 2008; WILCKEN et al., 2008) e em informativos de entidades governamentais, independentemente do ano de aquisição dos valores, constataram-se diferenças significativas de custos de implantação e manutenção (de até 100%), principalmente consequente da falta de padronização na descrição dos procedimentos ou pela diferença no conjunto de procedimentos descritos. Assim sendo, informações semelhantes somente foram encontradas em relação às porcentagens entre custos de implantação e manutenção ou entre percentuais gastos com a execução dos procedimentos e aquisição de insumos.

Como exemplo a ser considerado, em sua análise econômica da cultura do eucalipto na região de Suzanópolis, Estado de São Paulo, Rapassi et al. (2008) encontrou que os custos aumentam até o terceiro ano, depois diminuem até o quinto ano e se mantém estável até o 12º ano. Considerando o custo total, 73% referem-se às despesas com o custo operacional efetivo (COE), composto pelos procedimentos mecanizados, manuais e insumos. O custo operacional total (COT) representou cerca de 96% do custo total de produção (CTP), e a diferença para o total é a remuneração do capital fixo. As despesas com insumos tiveram maior participação nos custos, representando 39% do COT. As participações dos procedimentos mecanizados e manuais na composição do COT foram de 23,8% e 12,8% respectivamente. Os juros e outras despesas representam 10,4% do COT e o arrendamento 14,2%.

Analisando custos de cultivos de eucalipto em áreas acidentadas no sul do Espírito Santo, Carmo et al. (2011) encontrou o valor de R\$ 3.774,52 ha⁻¹ para os custos de implantação e manutenção em seis anos de produção, sendo a maior parte dos custos verificada no primeiro ano de investimento (R\$ 2.884,99 ha⁻¹), o que corresponde a 76,43% do total dos custos no período. Os custos com insumos foram de R\$ 1.585,00 ha⁻¹ (41,99%).

4.2.2 Colheita de reflorestamentos

A colheita florestal é uma atividade complexa, dado o grande número de variáveis que afetam a produtividade e, conseqüentemente, os seus custos operacionais (CANTO et al., 2006).

Conforme descrito por Machado (2002), o sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades para o fornecimento constante de madeira para a fábrica e variam em função do relevo, do padrão e produção da floresta, sortimento e uso final da madeira e das máquinas e equipamentos disponíveis. Os sistemas podem ser classificados quanto à forma da madeira manipulada na fase de extração, do local de processamento e do grau de mecanização.

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo, segundo a espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto, condições gerais da área de colheita e, portanto, o sistema de colheita e processamento a ser utilizado será uma função de um conjunto de fatores condicionantes (SILVA et al., 2003; SIMÕES et al., 2010).

No Brasil, o sistema de toras curtas (*cut-to-length*) é largamente utilizado na colheita do *Eucalyptus* (SIMÕES et al., 2010). Segundo Malinovski et al. (2002) neste sistema a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada ou para o pátio temporário em forma de pequenas toras, ou seja, com até 6 metros de comprimento. Para a execução desse sistema, principalmente em propriedades rurais, identificam-se as etapas de corte da floresta – compreendendo as operações de derrubada das árvores, desganhamento e traçamento da madeira, sendo a motosserra o principal equipamento utilizado –, de extração ou baldeio, empilhamento e carregamento para o transporte.

Embora já seja comum para a maioria das empresas florestais a utilização de modernos sistemas de colheita em seus reflorestamentos, beneficiando-se do desenvolvimento tecnológico e buscando o aperfeiçoamento da relação custo/benefício e homem/máquina (LOPES, 2007), o mesmo contexto para os pequenos e médios produtores florestais se aplica com restrições.

Avaliando a atividade florestal em propriedades rurais, Canto et al., (2006) mencionou que o custo operacional da colheita florestal, o alto risco de acidentes inerentes a essas atividades, a falta de conhecimento da operação por parte do produtor e seus familiares e a falta de máquinas e equipamentos adequados na propriedade dificultam a colheita da produção florestal. Associado a esse contexto, no cenário atual, a prestação de serviços de pequenas empresas no ramo da colheita florestal pode ser considerada uma parceria comum e viável, prevalecendo os sistemas semimecanizados, mais compatíveis as menores áreas de plantio encontradas nas propriedades rurais e as diversificadas condições ambientais que limitam a mecanização por completo.

Considerando-se opinião de Malinovski e Camargo (2001), entre as variáveis mensuráveis que interferem na produtividade dos procedimentos de colheita florestal, destacam-se a declividade do terreno, tipo de solo e seu teor de umidade, época do ano, pluviosidade, a espécie a ser colhida, o diâmetro da base e dos galhos, tipo de rebrota, composição do sub-bosque, a altura e volume individual das árvores, o volume por hectare, o tipo de intervenção que irá ocorrer, a qualidade da atividade silvicultural anterior, a necessidade de sortimento, a concentração de madeira, o tempo da madeira no campo, o alinhamento, o espaçamento adotado, o comprimento da madeira, a altura de tocos após operação de corte, a distância média de extração, a densidade e qualidade da malha viária, as dimensões e qualidade do estaleiro, a qualidade do planejamento das operações.

Os sistemas de colheita podem variar de acordo com diversos fatores, dentre eles a topografia do terreno, o rendimento volumétrico do povoamento, tipo de floresta, uso final de madeira, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis, volume a ser produzido entre outros (MACHADO, 2002).

Especificamente para o corte das árvores, podem-se mencionar, como sendo os principais fatores, a declividade do terreno, o diâmetro das árvores, a densidade do povoamento, a situação do sub-bosque, o tipo de equipamento utilizado e a capacidade e treinamento do operador (SALMERON, 1980; CANTO, 2006; ANDREON, 2011). Os processos de extração podem se diferir de acordo com a extração da carga, dependendo da forma como é realizada ou tipo de equipamento empregado: arraste é quando a carga é removida por tratores agrícolas adaptados, *Skidders*, guinchos, extração manual e animal, estando a carga em total ou parcialmente apoiada sobre o solo; baldeio é o termo utilizado quando o transporte é feito por veículos com plataforma de carga, sendo

os principais equipamentos empregados os *Forwarders* e tratores autocarregáveis (SALMERON, 1980; CANTO, 2006; BERTIN, 2010).

Para Bertin (2010), a avaliação dos sistemas de colheita é fundamental na mediação do processo produtivo, independente de ser ou não mecanizado, pois o objetivo principal é o aumento da produtividade e a minimização dos custos, sendo assim, essa avaliação torna-se um instrumento imprescindível no estudo comparativo dos diferentes métodos de colheita florestal. O sistema de colheita florestal é formado de um conjunto de operações individuais, porém interdependentes, que obtém como resultados a madeira cortada e transportada até o consumidor final.

4.3 Multiprodutos e modelos para sortimento da madeira

As principais utilizações dos reflorestamentos conduzidos no Brasil estão associadas aos processos industriais, com destaque para o processamento da madeira para produção de polpa celulósica, painéis de madeira, o processo siderúrgico e a produção de energia para manutenção desses processos. Tais destinos, embora tenham a madeira em tora como principal produto, via de regra, não exigem diferenciação quanto à idade da floresta, diâmetro e à forma dos troncos. Nestes casos, a principal importância está relacionada à produção de biomassa, a qual será colhida conforme exigências do processo fabril e a minimização dos custos do processo de colheita. Desta forma, a quantificação do volume de madeira ou peso da biomassa apresenta-se como um processo tecnicamente tradicional, no qual o inventário florestal considera apenas as variáveis quantitativas.

Em contrapartida, como método para um uso diferenciado das áreas reflorestadas, os trabalhos de Soares et al. (2003), Mendonça et al. (2008) e Santos (2010), dentre outros, apresentam a ideia de sortimento da madeira para geração de multiprodutos do reflorestamento, que corresponde à atuação em conjunto de diversas áreas da tecnologia da madeira, interligadas por meio da matéria-prima, ou seja, a partir de uma mesma fonte de material, vários tipos de materiais são produzidos, otimizando os ganhos finais com a sua colocação estratégica no mercado.

Para Soares (2002) ainda é importante diferenciar os termos multiprodutos e uso múltiplo da floresta. Os multiprodutos referem-se à multiplicidade de produtos obtidos a partir dos povoamentos florestais, tendo a madeira como principal fonte de matéria-prima. O mesmo autor confirma também a proposição de Carvalho (2000) de

que os multiprodutos da madeira possuem enfoque tecnológico, de processamento da matéria-prima madeira por indústrias de diferentes segmentos, que aperfeiçoam a utilização do material produzido no campo. Já o uso múltiplo refere-se, do ponto de vista técnico e científico, à integração deliberada de áreas mais adequadas e seus usos apropriados. Neste sentido, o termo uso múltiplo de povoamentos florestais vem sendo utilizado para inúmeras situações em que uma área com cobertura florestal, implantada ou não, independente das espécies presentes, apresenta mais de uma atividade fim (TESCH, 1998).

Como exemplo da utilização diversificada da madeira de reflorestamentos, Carvalho (2000) argumenta que, quer seja por pressões ambientais, elevação dos preços da madeira de florestas naturais ou aumento da consciência pelo uso de recursos naturais renováveis, poderão ocorrer dificuldades para o suprimento da demanda para o mercado de madeira serrada. Apresenta como alternativas para suprir essa demanda o desenvolvimento de técnicas de processamento e melhor organização mercadológica para a madeira de eucalipto.

Soares (2002) também argumenta que no mercado competitivo, a demanda e a oferta do produto definem o uso a ser dado a determinada tora e a qual ou quais produtos ela deve ser convertida. Apresenta que os multiprodutos advindos da conversão da madeira podem ser madeira serrada, laminados, dormentes, postes, moirões, estacas, aglomerados, celulose, carvão, lenha, dentre outros. Essa multiplicidade de produtos permite à empresa florestal uma maior flexibilidade quanto à comercialização de produtos que têm diferentes valores de mercado, apresentando, também, variações em relação à demanda ao longo dos anos, além do que, principalmente para pequenos e médios produtores, as diversas opções de uso da madeira podem garantir uma rentabilidade momentânea da atividade florestal.

No entanto, analisando a situação pelo lado técnico-científico, Schneider et al. (1996) mencionou que uma das grandes dificuldades do manejo florestal e, em especial da avaliação econômica de povoamentos florestais de eucaliptos, residia na inexistência de tabelas de sortimento apropriadas que possibilitassem determinações rápidas do estoque de madeira para diferentes tipos de aproveitamento. Devido a isto, muitas pesquisas foram realizadas com o objetivo de descrever, de forma otimizada, a classificação dos fustes segundo sua qualidade, dimensões e possibilidades de utilização, garantindo além da classificação física uma melhor remuneração da madeira.

Mendonça et al. (2008), com o objetivo de avaliação de uma metodologia para estimativa do volume de madeira no inventário florestal considerando o perfil de qualidade do fuste das árvores, confirmou que uma das maneiras de se quantificar o volume de madeira para as diferentes classes de qualidade de fuste é por meio do uso de modelos de afilamento associados às técnicas de otimização, como a programação dinâmica, por exemplo. Citou ainda que, no Brasil, os trabalhos de Leite et al. (1995), Lima et al. (1997), Soares et al. (2003), e Arce et al. (2004), utilizaram técnicas de otimização na quantificação de multiprodutos.

Segundo Schneider et al. (1996), um significativo número de estudos sobre a forma de troncos foram desenvolvidos para demonstrar como obter diâmetros e respectivos volumes a partir de alturas relativas tomadas ao longo do fuste. Campos e Leite (2009) apresentam um capítulo inteiro sobre modelos de regressão – também chamados de *taper* – propostos e empregados para exprimir o perfil do fuste, contemplando as variações de forma segundo a espécie analisada e os objetivos a serem alcançados, podendo os mesmos ser classificados como modelos simplificados, polinomiais, sigmoidais, trigonométricos e segmentados. Com o uso dessas técnicas, é esperado que o inventário tenha como resultado final quantidades de madeira para cada classe de qualidade de fuste, de modo que a madeira seja traçada em tamanhos pré-determinados, com dimensões específicas, maximizando-se a quantidade de toras ou toretos com padrão de diâmetros e comprimentos, e os resíduos do processo tenham a menor quantidade possível.

Em seu estudo para a forma de tronco e sortimento de madeira para *Eucalyptus grandis*, em plantio com desbastes, Schneider et al. (1996) testou seis equações de forma de tronco para três sortimentos para serraria, considerando-se toras com diâmetros maiores que trinta centímetros com casca, otimizando-se para toras com maior comprimento e o restante do fuste com diâmetro inferior a trinta centímetros para uso no processo de produção de polpa celulósica. Como resultado, considerando a precisão estatística, a equação expressa por um polinômio do 5º grau foi a que apresentou um maior coeficiente de determinação, igual a 0,9857, e menor erro padrão da estimativa, igual a 0,032 ou 5,14%, e permitiu também estimar o volume dos sortimentos com menor valor residual. O polinômio do 5º grau, tendo como variável dependente (h_i/h) e independente (d_i/d), ajustado para a determinação do comprimento das toras até o diâmetro de trinta centímetros com casca tomado na ponta fina, apresentou coeficiente de determinação de

0,9835 e erro padrão da estimativa de 0,0357, indicando alta precisão e a possibilidade de emprego para a finalidade.

O modelo calculado e seus coeficientes são:

$$\frac{h_i}{h} = 1,030091 - 1,256201 \left(\frac{d_i}{d}\right) + 3,3349839 \left(\frac{d_i}{d}\right)^2 - 7,55060 \left(\frac{d_i}{d}\right)^3 + 5,858664 \left(\frac{d_i}{d}\right)^4 - 1,385746 \left(\frac{d_i}{d}\right)^5$$

Sendo:

h_i = altura até o diâmetro limite determinado, em metros;

h = altura total da árvore, em metros;

d_i = diâmetro limite dado para a ponta mais fina da tora, em centímetros;

d = diâmetro a altura do peito, em centímetros.

Aplicando tal método, os autores puderam concluir que o polinômio do 5º grau determinou resultados satisfatórios e os volumes e sortimentos relativos das classes de sortimento podem ser utilizados com segurança em inventários florestais da espécie, tanto para estimar volume como para os sortimentos de madeira. Isto se deveu ao fato dos resíduos do volume real com o estimado pela equação do 5º grau terem sido pequenos, e, o procedimento adotado para a determinação dos sortimentos das classes, previamente definidas, permitiu obter estimativas do número de toras e seus volumes relativos com boa precisão.

Com objetivos semelhantes, Mendonça et al. (2008) estudou um plantio de *Eucalyptus sp.* com idade de dezesseis anos em espaçamento inicial de 3 x 3 metros, desbaste seletivo aos 8,6 anos de idade e população final com 250 árvores por hectare, utilizando o modelo de afilamento de Schöepfer (1996), uma equação do 5º grau com d_{ij}/DAP_j como variável dependente e h_{ij}/H_{ij} como variável independente. Após o processo de otimização, com o emprego de um algoritmo heurístico para geração dos cortes potenciais e Programação Dinâmica para determinação da combinação ótima das toras, com o objetivo de maximizar o aproveitamento volumétrico. Valores do coeficiente de correlação elevado ($r = 0,9848$) e erro padrão relativo baixo ($S_{yx} = 7,24 \%$) determinaram um ajustamento estatisticamente satisfatório. Porém, quando comparados o número de toras e os volumes reais colhidos e os resultados obtidos pelo algoritmo de otimização, houve diferença significativa com o teste qui-quadrado com 5% de probabilidade.

Como resultado, os autores concluíram que a metodologia avaliada no estudo precisa de “ajustes” antes de sua implementação em inventários florestais e que os procedimentos de campo para coleta de informações devem ser padronizados, bem como, aspectos como intensidade amostral e tamanho ideal das parcelas devem ser precisos, ou seja, ocorreram problemas operacionais que interferiram nas análises e os cuidados prévios, com bom planejamento, são de suma importância.

4.4 Preço da madeira proveniente de reflorestamentos

Segundo Duerr (1972), um mercado é o local, o momento, as pessoas e as circunstâncias envolvidas na troca de um bem. Nesse contexto, o preço é a peça fundamental de informação, que auxilia tanto os produtores quanto os consumidores a alocar (ou utilizar) seus recursos escassos para alcançar os melhores usos (MENDES, 2007), e, assim sendo, o preço da madeira é um elemento-chave para o desenvolvimento de projetos florestais e o entendimento do seu comportamento é importante em razão da característica de longo prazo desse tipo de projeto (ALMEIDA et al., 2010).

Procura, consumo ou demanda, pode ser conceituada como uma relação que descreve o quanto de um bem ou serviço os consumidores estão dispostos a adquirir, aos diferentes níveis de preços, em um determinado período de tempo e dado conjunto de condições. A oferta de um produto se relaciona basicamente com os seus custos de produção e a quantidade ofertada de um produto se altera quando há uma modificação no preço do mesmo (ARBAGE, 2006). Com base em tais definições, o pressuposto é de que ao deixar as forças de oferta e demanda se movimentarem livremente, e garantidas as características da concorrência perfeita, haverá um momento em que o mercado terminará por se ajustar.

Porém, para Silva et al. (2005), a concorrência perfeita não existe, pois não há um mercado que atenda as exigências de homogeneidade do produto, transparência do mercado, perfeita mobilidade dos recursos e liberdade de entrada e saída de fornecedores ou consumidores, e inexistência de conluio ou restrições artificiais a demanda, oferta e preços. O que ocorre na prática chama-se concorrência pura, pois atende a quase todas as condições citadas.

Além disso, segundo Mendes (2007), a diferenciação do produto comercializado remove a perfeita elasticidade da curva de demanda, portanto, devido à

diferenciação, a curva de demanda é menos elástica do que a concorrência perfeita e, por causa da substituição, a demanda é menos inelástica do que no monopólio. Em outras palavras, quanto mais diferenciado for o produto de um fornecedor, menor a possibilidade de uma substituição por produtos de outras empresas.

Neste sentido, como provável confirmação prática, Soares et al. (2003) afirmou que a multiplicidade de produtos florestais possíveis de se obter a partir dos povoamentos de eucalipto permite à empresa florestal (ou produtor florestal) direcionar suas atividades para o fornecimento de multiprodutos obtidos a partir da conversão da tora de madeira de eucalipto. Tal procedimento representa um diferencial competitivo, pois agrega uma flexibilidade no que diz respeito à comercialização, que se complementa pela compensação de receitas dos diversos produtos. Assim, o produtor florestal poderá aperfeiçoar e maximizar seus produtos, de forma a obter o máximo rendimento possível, que será transformado em lucro no final do processo.

A formação do preço da madeira depende, principalmente, dos custos de produção, mas é o mercado quem determina ou estabelece esse preço, resultante do equilíbrio entre as forças de oferta e demanda. Assim, tanto as variáveis determinantes da oferta quanto da demanda de madeira devem ser consideradas na especificação de um modelo explicativo de preço. Normalmente, as principais variáveis que afetam a demanda e a oferta de um produto são: preço, renda, preço de bens relacionados (substituto ou complementar), gostos e preferências, custos de produção, tecnologia e expectativas (ALMEIDA et al., 2010).

Além disso, a comercialização de madeira de eucaliptos no Estado de São Paulo ainda depende muito do agente intermediário, representados frequentemente por prestadores de serviço para o transporte da madeira, permitindo a eles obterem parcela expressiva do preço final pago pelo consumidor e repasse inferior ao produtor.

Com relação às cotações do preço de madeira de eucalipto no Estado de São Paulo, destacam-se as publicações mensais do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ/USP) e do Instituto de Economia Agrícola em parceria com a Fundação Florestal de São Paulo.

4.5 Análise econômica de reflorestamentos

Segundo Arbage (2006) a Economia, entre diversos aspectos, é uma Ciência que trabalha com os fatos econômicos com o objetivo de proporcionar subsídios para a melhor alocação dos escassos recursos entre os fins múltiplos, sendo, por esta razão, por vezes caracterizada como a Teoria da Escolha.

A comercialização agrícola não consiste apenas na venda da produção em um determinado mercado. Mais do que isso, caracteriza-se como um processo contínuo e organizado de encaminhamento da produção agrícola ao longo de um canal de comercialização, no qual o produto sofre transformação, diferenciação e agregação de valor (MENDES, 2007).

A economia do setor florestal brasileiro até o ano de 1965 era pouco expressiva, tanto que as atividades de manejo das florestas plantadas e nativas eram insignificantes e realizadas, na sua grande maioria, em pequena escala e em condições de baixo emprego de tecnologia e gestão (VALVERDE, 2009). Posteriormente, com a política de incentivos fiscais e participação da madeira no processo fabril, ocorreu um crescimento significativo da área reflorestada no país, com destaque para os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que, atualmente, são utilizados principalmente por grandes empresas consumidoras de madeira (VALVERDE, 2009), de variados segmentos da economia brasileira, sendo o segmento do agronegócio somente superado pelo complexo soja (BAENA, 2005), e determinando um valor para os produtos comercializados de 53,91 bilhões de reais (ABRAF, 2012),

Santos (2010) descreve que muitos fatores contribuíram expressivamente para o aumento da produtividade florestal, colocando o Brasil como destaque na silvicultura mundial, entre eles, aqueles relacionados às favoráveis condições edafoclimáticas e o avanço tecnológico na área de melhoramento florestal. Valverde (2009) comentou que mudanças significativas vêm ocorrendo ao longo dos anos no mercado doméstico e internacional de produtos florestais. A madeira de eucalipto, por exemplo, que era utilizada basicamente na produção de carvão ou celulose, passa a ser empregada também na serraria, movelaria, construção civil, indicando não haver menor restrição para a sua utilização.

Em seu estudo sobre diversificação do uso da madeira de eucalipto, Soares (2002) argumentou que naquele momento já existia oportunidade para diversos produtos madeireiros, na forma de multiprodutos de madeira, devido ao crescente aumento da demanda por estes mercados. Opinião esta, compactuada por Santos (2010), que

comentou que o investimento em plantações florestais com finalidade para multiprodutos é uma alternativa atual que visa o melhor aproveitamento da produção volumétrica de madeira com o objetivo de buscar um maior retorno econômico.

Contudo, os projetos florestais caracterizam-se pelo elevado investimento inicial, longo tempo de maturação, retorno no longo prazo, elevado riscos de incêndios, ataques de pragas e doenças e variações no preço da madeira, além da aceitação de investimento baseando-se em um preço futuro desconhecido (SOARES et al., 2007; CARMO et al., 2011), aspectos que têm se tornado muitas vezes um obstáculo para interessados em investir na atividade de silvicultura, principalmente para pequenos e médios proprietários rurais, o que se agrava pela já existência de grandes maciços florestais das empresas já consolidadas no mercado, situação que elimina a possibilidade de concorrência e de aumento dos preços (VALVERDE, 2009).

A busca por técnicas capazes de permitir a obtenção de vários produtos da madeira, em quantidade e principalmente qualidade adequadas, atualmente se apresenta como um imperativo para o desenvolvimento do setor florestal brasileiro (SOARES, 2002), confirmando-se então que o planejamento da atividade de silvicultura é imprescindível e a obtenção de informações básicas que dão suporte à tomada de decisão por parte dos produtores, torna-se de extrema necessidade (SANTOS, 2010). Para isso, métodos de avaliação econômica associados a estudos com modelos de crescimento e produção são fundamentais para se chegar a resultados satisfatórios (SOARES et al., 2003; SANTOS, 2010).

Na atividade florestal, o curto prazo não permite nenhum ciclo de produção e o longo prazo, onde todos os fatores são variáveis, somente é alcançado ao final de um ciclo de produção florestal. Desta forma, a escolha ótima dos fatores de produção em longo prazo no setor florestal é uma tarefa muito complexa e difícil de imaginar como factível (ALMEIDA, 2006). A dependência de um longo prazo ótimo, torna quase impossível a formulação de uma função de oferta de madeira em longo prazo sustentada pela teoria econômica clássica (ALMEIDA et al., 2010).

Segundo Silva e Fontes (2005) diversos métodos são aplicáveis com a finalidade de avaliar economicamente um projeto florestal. Essa avaliação baseia-se em seu fluxo de caixa, que consiste nos custos e nas receitas distribuídos ao longo da vida útil do empreendimento, sob o efeito de uma taxa de juros fixa e positiva. Entre os métodos

utilizados, podem ser destacados os métodos Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Esperado da Terra (VET) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

Segundo Klemperer (1996) e Rodrigues (1991) o método do Valor Presente Líquido é determinado pela diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos. A análise do resultado define que o projeto que apresenta o VPL maior que zero (valor positivo) é economicamente viável, sendo considerado o melhor aquele que apresenta maior valor, ou seja, deve ser o projeto pretendido.

O Valor Esperado da Terra (VET) ou *fórmula de Faustmann* é um critério econômico bastante utilizado na área florestal. O VET nada mais é do que o valor presente de uma série periódica perpétua de Valores Futuros Líquidos (VFLs). Neste caso considera-se a repetição infinita do ciclo florestal e consequentemente do seu respectivo fluxo de caixa. Este critério de avaliação é muito útil na área florestal, pois permite a comparação entre projetos com diferentes horizontes de planejamento.

A Taxa Interna de Retorno é a taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos, ou seja, iguala o VPL, já citado, à zero. Também pode ser entendida como uma taxa percentual do retorno do capital investido. A avaliação baseia-se na TIR do projeto. Se esta for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou Taxa Alternativa de Mercado (TAM), significa que o projeto é viável. Assim, o projeto que fornecer a maior TIR será considerado o de maior benefício.

Como subsídios para execução das análises, para a silvicultura, como qualquer atividade produtiva, devem ser considerados os custos detalhados – de implantação, manutenção e colheita – para cada etapa de um manejo específico, e também as receitas decorrentes dos diferentes produtos comercializados nos diversos momentos. Para aquisição de resultados satisfatórios em função das análises, além dos valores dos juros, que devem ser definidos com coerência, utilizando-se índices oficiais, os valores relacionados às despesas com insumos e serviços, e o preço de venda dos diferentes produtos, devem ser corretamente cotados.

Entre os exemplos de estudos envolvendo mais de um produto para reflorestamentos, Pavan et al. (2010), avaliando os VPLs de plantios de eucalipto de produtores independentes no Rio Grande do Sul, concluíram que a implantação de reflorestamentos visando o fornecimento de madeira para geração de energia ou produção de polpa celulósica não apresentaram rentabilidade superior ao custo de oportunidade da terra, e, ao contrário, a produção de madeira visando atender o mercado de serraria e

laminação, com subprodutos decorrentes de desbastes para produção de energia e polpa celulósica, determinaram viabilidade superior ao custo de oportunidade da terra, com VPL de R\$ 10.640,28 por hectare e TIR de 23,88% ao ano, valor muito superior ao encontrado para comercialização da madeira para energia, com VPL de R\$ 1.668,76 por hectare e TIR de 13,94% ao ano.

Com propósito semelhante, Santos (2010) estudando a viabilidade econômica de reflorestamentos de eucalipto em pequenas propriedades rurais na região sul do Estado do Espírito Santo, encontrou que plantios destinados à produção de energia foram inviáveis, e ainda, para produção de polpa celulósica, os VPLs podem ser nulos a partir de taxas de juros acima de 9%. Concluiu que o uso da madeira para multiprodutos foi a alternativa mais viável, sendo que quanto maior a idade, maior o retorno financeiro. Como consideração final, mencionou a importância de se analisar alternativas de uso da madeira para multiprodutos.

Para Baena (2005) comparando diferentes manejos para plantios de *Eucalyptus grandis* para um período de doze anos, sendo o primeiro manejo no sistema de talhadia, com primeiro corte raso aos 6 anos, priorizando a produção de madeira para produção de celulose e chapas de fibra, e o segundo com desbastes com cortes parciais aos 3, 6 e 9 anos, priorizando a produção de madeira para serraria, escoras para construção civil, celulose e energia, encontrou que o segundo manejo apresentou-se como a melhor alternativa econômica, proporcionando ao silvicultor uma TIR de 31,84% ao ano, significativamente superior a TIR de 18,88% para o primeiro manejo. Quanto ao VPL, os resultados foram R\$ 5.741,02 por hectare para o segundo manejo e R\$ 1.085,94 por hectare para o primeiro manejo. Concluiu que nas duas alternativas os retornos financeiros foram viáveis e atrativos, e que a possibilidade de venda de um produto com maior valor agregado – madeira para serraria – determina resultados ainda mais satisfatórios.

Em Soares (2003) et al., na avaliação de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos, comercializando a madeira somente para energia (Projeto A) ou o uso da madeira para serraria e energia (Projeto B), com diferentes taxas de desconto (i) e preços da terra (variações de 20%), concluíram que a alternativa para multiprodutos (Projeto B) apresentou melhores resultados de Valor Presente Líquido (VPL) para todas as situações, e ainda, aumentos na taxa de desconto ou no preço da terra afetam significativamente o VPL, indicando que quanto menor os valores utilizados, maior será a lucratividade do Projeto.

Com a mesma importância é necessário destacar que as florestas apresentam outros valores, tão importantes como os socioeconômicos e os ambientais, que são difíceis de serem mensurados e contabilizados. Esses valores referem-se às funções de melhoria da qualidade do ar, controle do efeito erosivo dos ventos, regularização dos mananciais hídricos, redução da pressão sobre a vegetação nativa, utilização para fins recreacionistas, alternativa de energia renovável, etc.. Estas várias funções demonstram a importância dos povoamentos florestais e frisa a necessidade da conscientização do potencial florestal do Brasil como solução para sanar grande parte dos problemas socioeconômicos, além de ser uma maneira do país se inserir definitivamente no mercado mundial de produtos florestais.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden implantado na Fazenda Barra Mansa, propriedade rural que apresenta 372,53 hectares e se localiza no município de Bofete, Estado de São Paulo, com acesso próximo ao quilômetro 183 da rodovia Presidente Castelo Branco (SP 280) em cruzamento com a rodovia Lázaro Cordeiro de Campos (SP 147), com acesso por uma estrada vicinal que se inicia nas coordenadas UTM 7.433.983,6439 N e 775.472,3471 E (Elipsóide SIRGAS 2000 – Brasil (IBGE)). Considerando-se o interior da propriedade, a coordenada de referência do povoamento se encontra na latitude S 23° 10' 15,14'' e longitude W 48° 19' 02,03''.

A propriedade localiza-se na unidade de relevo Depressão Periférica (afloramento de rochas sedimentares antigas, paleozóicas), próxima a formação de Cuesta que separa essa unidade da unidade Planalto Ocidental. A região é uma porção das cabeceiras da Bacia do Rio Paranapanema e atualmente também é definida como Área de Proteção Ambiental de Botucatu (IG-SMA, 2012).

O clima regional segundo a Classificação Climática de Koeppen é o Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com temperaturas médias variando de 10,6°C no mês de julho a 30,1°C no mês de

fevereiro, e precipitação média de 41,0 mm em julho a 247,0 mm em dezembro, sendo a média anual de 1.490,6 mm (CEPAGRI, 2012).

Considerando o uso tradicional do solo na região para as propriedades desse tamanho, a propriedade pode ser considerada como exemplo e atualmente se divide em três principais usos, sendo a pastagem para a pecuária bovina o principal, ocupando 213,58 hectares (57,33%), o reflorestamento com eucaliptos ocupando 60,58 hectares (16,31%) e as áreas com vegetação natural secundária (Floresta Estacional Semidecidual e vegetação de várzea) ocupando 98,19 hectares (26,36%).

O povoamento estudado foi implantado no segundo semestre do ano de 2000, em uma gleba de pastagem utilizada para a criação de bovinos de corte, quando se utilizou mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas por sementes de uma Área de Produção de Sementes também localizada no município de Bofete, Estado de São Paulo, adquiridas no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais de Piracicaba, Estado de São Paulo.

A totalidade do povoamento ocorre em somente uma gleba (dividida em talhões) no interior da propriedade, sendo o terreno com topografia plana a ondulada, sobre solo classificado como Neossolo Quartzarênico (RQ), apresentando no máximo 15% de argila e fertilidade natural dependente da matéria orgânica existente na sua superfície. No momento da implantação não foi realizada amostragem de solo para definição da fertilidade, sendo a fertilização realizada a partir de protocolo utilizado regionalmente.

Quanto aos processos de implantação e manutenção, foram utilizados os procedimentos tradicionais do modelo de cultivo mínimo, com destaque para as seguintes operações:

- Controle de formiga cortadeira com o uso de isca ou pó formicida (sulfuramida) na quantidade de 4,0 kg ha⁻¹ durante o período de implantação e 6,0 kg ha⁻¹ durante os 2 anos de manutenção intensiva;
- Distribuição de calcário dolomítico na quantia aproximada de 2,5 ton ha⁻¹ de 30 a 5 dias antes do plantio;

- Aplicação de herbicida pós emergente em área total para controle da matocompetição (principalmente gramíneas exóticas) na dosagem de $5,0 \text{ l ha}^{-1}$ do princípio ativo glifosato para implantação e $8,0 \text{ l ha}^{-1}$ para o período de manutenção;
- Subsolagem variando de 40 a 60 centímetros para preparo do solo na linha de plantio;
- Plantio de 1667 mudas seminais por hectare, com espaçamento de 3,0 por 2,0 metros, o qual foi realizado manualmente com o uso de “chucho”;
- Irrigação imediatamente após o plantio com volume variável e necessário (de 2,0 a 6,0 litros por planta) em função da precipitação pluvial e umidade do solo;
- Fertilização de base, realizada 2 a 10 dias após do plantio na quantidade de 200 kg ha^{-1} da formulação NPK 06-30-06;
- Fertilização de cobertura manual aos 3 meses após o plantio na quantidade de 150 kg ha^{-1} da formulação NPK 20-05-15 e micronutrientes (B e Zn) e aos 12 (manual) e 24 (mecanizada) meses após o plantio na quantidade de 150 kg.ha^{-1} da formulação NPK 20-00-20;

Após o segundo ano do início da implantação foram realizados os procedimentos de controle das formigas cortadeiras, da regeneração natural e desenvolvimento de gramíneas nos carregadores internos e externos (aceiros), visando à redução da biomassa como medida para prevenção de incêndios. Durante todo o período de desenvolvimento do reflorestamento, até o momento de avaliação, não foram registrados incêndios na área ou problemas com relação a pragas florestais que pudessem determinar expressivas perdas de produtividade.

5.2 Coleta de dados

5.2.1 Inventário florestal

Com o objetivo de quantificar o volume total, comercial e dos diferentes produtos madeireiros do povoamento foram demarcadas e realizadas as medições das árvores em vinte parcelas retangulares de 450 m², distribuídas ao acaso, tendo dimensões de 15,0 metros para inclusão de 5 linhas e 30,0 metros para inclusão de 15 plantas em cada linha, totalizando um 75 indivíduos por parcela.

Em todas as parcelas foram medidas as circunferências a altura do peito (CAP) dos fustes de cada árvore e a altura total das árvores da primeira linha, definida a partir do vértice 1 da parcela (lado direito de cada parcela) até o vértice 2 (a 30 metros de distância), e a altura total das cinco árvores dominantes (com maior CAP). Para as medições de CAP foi utilizada uma régua de 1,30 metros (para definição do ponto CAP) e fita métrica graduada em centímetros. Para medição das alturas foi utilizado um clinômetro Haglof, com definição da altura após duas medições, no mínimo, de cada árvore.

Todos os dados adquiridos: CAP, altura total (Ht), coordenadas de localização, e observação quanto à situação de cada árvore (viva, morta, quebrada, falha, bifurcada, etc.) foram registrados em ficha específica para posterior digitação em planilhas do software Microsoft Excel visando à disposição dos dados para posterior utilização no Sistema de Programação R (R *Development Core Team*, 2011). Com os dados de CAP e Ht das árvores medidas, e para cada parcela, foi definido um Modelo Hipsométrico considerando um ajuste com equação linear, definindo-se assim uma equação específica para cada parcela.

Para ajuste do modelo de afilamento foram cubadas 100 árvores de uma área central do povoamento, as quais foram cortadas a aproximadamente 10,0 cm do solo e medidas com suta graduada (em décimos de centímetros) nas alturas 0,1; 1,0; 1,3; 2,0; 3,0 metros, e assim sucessivamente até cerca de 4,0 cm de diâmetro do fuste com casca. Da mesma forma para os dados dendrométricos das parcelas, as informações de diâmetros e altura total das árvores foram registradas em ficha específica para posterior digitação em planilhas do software Microsoft Excel visando à disposição dos dados para posterior utilização no Sistema de Programação R. Na consolidação dos dados, a cubagem

foi realizada pela fórmula de Smalian (MACHADO, 2003). A distribuição de frequência das árvores empregadas na cubagem é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição de frequência das árvores-amostra utilizadas para ajuste do modelo de afilamento.

Centro da Classe de Diâmetro (cm)	Centro da Classe de Altura (m)																Total
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
7,0	1																1
9,0		1	1		2												4
11,0					1			1									2
13,0						2	2	3	5								12
15,0								4	4	3	2						13
17,0							1		4	2	1						8
19,0									1	1	7	3					12
21,0										1	3	4	2				10
23,0											2	4	4				10
25,0												5	4	1			10
27,0												1	2	3	1		7
29,0													1	2	1		4
31,0														2	2		4
33,0														1		1	2
35,0															1		1
Total	1	1	1	0	3	2	3	8	14	7	15	17	13	9	5	1	100

5.2.2 Sortimento e modelo de afilamento

Os dados foram processados por rotinas e utilização de funções do Sistema de Processamento R. Todo o processamento baseou-se na utilização do polinômio de quinto grau, proposto primeiramente por Schöepfer em 1966 (MENDONÇA et al., 2008), que tem a forma:

$$\frac{d_i}{D} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{H} \right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{H} \right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{H} \right)^5 + e_i$$

onde:

β_{is} = parâmetros a serem estimados;

d_i = diâmetro comercial (cm) ou diâmetro correspondente a qualquer altura h_i , especificada ou comercial;

D = diâmetro a 1,3 m de altura (cm);

H = altura total (m);

h_i = altura comercial (m);

e_i = erro de estimativa.

Isolando d_i obtém-se a função de afilamento, através da qual se pode estimar o diâmetro correspondente a qualquer altura na árvore, desde que fornecido o seu diâmetro a 1,3m de altura (DAP ou D) e a altura total.

$$d_i = D \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{H} \right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{H} \right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{H} \right)^5 \right] \quad (1)$$

Para integrar a função e obter a expressão que permite a estimativa dos volumes, fez-se a seguinte simplificação:

$$c_0 = \beta_0; \quad c_1 = \beta_1 / H; \quad c_2 = \beta_2 / H^2; \quad \dots; \quad c_5 = \beta_5 / H^5$$

Feita a simplificação, a expressão a ser integrada assume a forma (2):

$$d_i = D * [c_0 + c_1 * h + c_2 * h^2 + c_3 * h^3 + c_4 * h^4 + c_5 * h^5] \quad (2)$$

O volume (V) de um sólido de revolução é obtido pela integração de suas áreas seccionais (g_i) entre o limite inferior (h_1) e o superior (h_2) que se deseja estabelecer. No caso de uma árvore, se o volume total é desejado, então $h_1 = 0$ e $h_2 =$ altura total da árvore. A representação da integral é mostrada a seguir:

$$V = \int_{h_1}^{h_2} g_i \delta h \quad \rightarrow \quad V = \int_{h_1}^{h_2} \frac{\pi * d_i^2}{40000} \delta h$$

$$V = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta h \quad (3)$$

sendo:

$$K = \pi / 40000$$

d_i = diâmetro correspondente a qualquer altura h_i ao longo do fuste da árvore.

Então, substituindo (2) em (3), tem-se:

$$V = K * D^2 * \int_{h_1}^{h_2} (c_0 + c_1 h_i + c_2 h_i^2 + c_3 h_i^3 + c_4 h_i^4 + c_5 h_i^5)^2 \delta h_i \quad (4)$$

O volume é então obtido pela integração do polinômio conforme a apresentação mostrada a seguir, simplificando a expressão por:

$$c_0 = \beta_0 \quad \text{e} \quad c_i = \left(\frac{\beta_i}{H^{p_i}} \right),$$

$i = 1, 2, \dots, 5$

p_j = expoentes variando de 1 a 5

E multiplicando ambos os lados da equação por D , a expressão fica:

$$d_i = D \left(c_0 + c_1 h_1^{p_1} + c_2 h_2^{p_2} + \dots + c_n h_n^{p_n} \right) + e_i$$

O volume da árvore é obtido pela integral do polinômio:

$$V = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta h$$

$$V = K D^2 \int_{h_1}^{h_2} (c_0 + c_1 h_1^{p_1} + c_2 h_2^{p_2} + \dots + c_n h_n^{p_n})^2 \delta h$$

Antes de proceder a integração, é necessário elevar ao quadrado a expressão entre parênteses. A integral então fica:

$$\begin{aligned}
 V = \frac{\pi D^2}{40000} \int_{h_1}^{h_2} & \left[c_0^2 + 2c_0c_1h^{p_1} + c_1^2h^{2p_1} + 2c_0c_2h^{p_2} + 2c_0c_{(n-1)}h^{p_{(n-1)}} + 2c_1c_2h^{(p_1+p_2)} + c_2^2h^{2p_2} + \right. \\
 & + c_1c_{(n-1)}h^{(p_1+p_{(n-1)})} + 2c_0c_nh^{p_n} + 2c_1c_nh^{(p_1+p_n)} + 2c_2c_{(n-1)}h^{(p_2+p_{(n-1)})} + c_{(n-1)}^2h^{2p_{(n-1)}} + \\
 & \left. + 2c_2c_nh^{(p_2+p_n)} + 2c_{(n-1)}c_nh^{(p_{(n-1)}+p_n)} + c_n^2h^{2p_n} \right]
 \end{aligned}$$

E finalmente, resolvendo-se a integral, a equação que define o volume:

$$\begin{aligned}
 V = \frac{\pi D^2}{40000} & \left[c_0^2h + 2c_0c_1 \left(\frac{h^{(p_1+1)}}{p_1+1} \right) + 2c_0c_2 \left(\frac{h^{(p_2+1)}}{p_2+1} \right) + 2c_0c_{(n-1)} \left(\frac{h^{(p_{(n-1)}+1)}}{p_{(n-1)}+1} \right) + 2c_0c_n \left(\frac{h^{(p_n+1)}}{p_n+1} \right) + \right. \\
 & + c_1^2 \left(\frac{h^{(2p_1+1)}}{2p_1+1} \right) + 2c_1c_2 \left(\frac{h^{(p_1+p_2+1)}}{p_1+p_2+1} \right) + c_1c_{(n-1)} \left(\frac{h^{(p_1+p_{(n-1)}+1)}}{p_1+p_{(n-1)}+1} \right) + 2c_1c_n \left(\frac{h^{(p_1+p_n+1)}}{p_1+p_n+1} \right) + \\
 & + c_2^2 \left(\frac{h^{(2p_2+1)}}{2p_2+1} \right) + 2c_2c_{(n-1)} \left(\frac{h^{(p_2+p_{(n-1)}+1)}}{p_2+p_{(n-1)}+1} \right) + 2c_2c_n \left(\frac{h^{(p_2+p_n+1)}}{p_2+p_n+1} \right) + c_{(n-1)}^2 \left(\frac{h^{(2p_{(n-1)}+1)}}{2p_{(n-1)}+1} \right) + \\
 & \left. + 2c_{(n-1)}c_n \left(\frac{h^{(p_{(n-1)}+p_n+1)}}{p_{(n-1)}+p_n+1} \right) + c_n^2 \left(\frac{h^{(2p_n+1)}}{2p_n+1} \right) \right]_{h_1}^{h_2}
 \end{aligned}$$

Para confirmação da eficiência da equação, foram calculados o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), que expressa a quantidade de variação total explicada pela regressão, o erro padrão da estimativa (S_{yx} cm) e erro padrão em

percentagem ($S_{yx}\%$), que expressam a medida de dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão, sendo desejável a aquisição de valores baixos (MÜLLER, 2004).

Segundo Mendonça et al. (2008) para interpretação do processo de otimização, após a primeira etapa, onde são definidos os números úteis, ponto do fuste das árvores onde deve-se realizar o traçamento, esses números úteis servem como base de dados para o algoritmo que determina a combinação ótima dos toretes a se retirar do fuste, com o objetivo de maximizar o aproveitamento volumétrico deste, ou seja, maximizar o volume de acordo com as classes de diâmetro e tamanho dos toretes.

Fazendo-se uso dessa metodologia, além do volume total que considera o volume total do fuste das árvores com diâmetro superior de 3,0 centímetros – exclusão da ponta das árvores, considerada como resíduo – foi calculado o volume comercial de madeira produzida, no qual não foram considerados os primeiros dez centímetros da base das árvores, determinando efetivamente o volume de madeira colhido.

5.2.3 Estimativa de custos e receitas

Com o objetivo de subsidiar as análises econômicas foram consolidadas duas principais planilhas de dados para todos os custos envolvidos, a primeira composta pela descrição dos procedimentos silviculturais e custos de implantação e manutenção do reflorestamento nas condições da Fazenda Barra Mansa para o período de 12 anos. Em cada ano foram definidos os procedimentos executados e quantificados os insumos (kg ha^{-1}), a mão de obra (hh ha^{-1}) e as práticas mecanizáveis (hm ha^{-1}). Os preços foram definidos a partir de orçamentos em estabelecimentos comerciais (para insumos), em escritórios contábeis e empresas prestadoras de serviços (para mão de obra), e no Anuário Agrianual 2013 (para máquinas).

Para definição dos custos do processo de colheita do reflorestamento foram previamente considerados os rendimentos operacionais e respectivas despesas para as diferentes estratégias de utilização da madeira (com um único produto ou multiprodutos). Posteriormente, os custos para os diferentes procedimentos do processo de colheita foram definidos através de consultas a proprietários e funcionários de empresas produtoras ou de prestação de serviços florestais, que, pela garantida experiência e coerência nas avaliações, definiram preços das operações nas condições do povoamento da Fazenda Barra Mansa, os quais serviram para cálculo de valores médios. Tais valores

também têm o objetivo de substituir as informações não consolidadas a partir da revisão bibliográfica, que carece de publicações e resultados relacionados. As empresas consultadas são apresentadas a seguir:

- Caacatu Engenharia, Consultoria, Assessoria e Serviços Florestais e Ambientais Ltda., de Botucatu, SP;
- CNP Comércio e Assessoria Florestal Ltda., de Bofete, SP;
- Companhia Mofarrej de Empreendimentos Ltda., Fazenda Santa Marta, de Itu, SP;
- Edno Nivaldo Ferrari Júnior EPP, de Conchas, SP;
- Natura Madeireira Ltda., de São Miguel Arcanjo, SP;
- Nobrecel Celulose e Papel S.A., em Pindamonhangaba, SP.

Com relação aos valores de comercialização de cada produto, a aquisição dos preços de venda consistiu na definição dos compradores (unidades de processamento ou consumo) e dos respectivos preços de mercado em metros cúbicos para a madeira colhida, empilhada e carregada no conjunto de transporte (caminhão ou carreta), ainda na propriedade rural. Além do processo de negociação para os diferentes produtos do povoamento, o preço final definido dependeu do preço de frete, influenciado pela distância, características das estradas, existência de pedágios e modelo do conjunto de transporte.

Como complemento foi considerado o aspecto tributário de comercialização para a condição de produtor rural, sendo a porcentagem de 2,1% de retenção para INSS e 0,2% para outras entidades.

5.3 Definição das estratégias ou tratamentos

As estratégias quanto à geração dos produtos para o povoamento florestal foram definidas conforme panoramas executáveis quanto ao processo de colheita e demandados no mercado regional, com peças de madeira (toras ou toretes) com diâmetros mínimos de 3,0 cm na ponta mais fina do torete e comprimentos variando de 1,10 a 5,20 metros. Embora o processo de corte ou derrubada das árvores possa ocorrer utilizando-se máquinas de grande porte, essa opção não foi considerada, visto que a mesma não se apresenta como uma opção totalmente viável para pequenas e médias propriedades rurais (consideradas isoladamente) e a geração de multiprodutos seria dificultada. Dessa forma todo o processo de corte e traçamento foram realizados utilizando-se exclusivamente motosserras.

Assim, utilizando-se os dados do inventário florestal, em m^3 ou $m^3 ha^{-1}$ foram quantificados os volumes de madeira para cinco estratégias de comercialização:

- **Tratamento 1:** definido como estratégia A, apresenta um único produto de comercialização destinado à geração de energia. É composto por toretes com comprimentos de 1,10 metros, sendo o diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 3,0 cm e sem limite de medição para o diâmetro superior. Os procedimentos de corte e traçamento foram realizados exclusivamente com motosserra. A remoção, empilhamento e carregamento foram realizados manualmente e com um conjunto trator 90 CV 4x4 e carreta de um eixo;
- **Tratamento 2:** definido como estratégia B, apresenta um único produto de comercialização destinado à geração de energia e/ou processo, composto por toretes com comprimentos de 2,20 metros, sendo o diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 3,0 cm e sem limite de medição para o diâmetro superior. Os procedimentos de corte e traçamento foram realizados exclusivamente com motosserra. A remoção, empilhamento e carregamento foram mecanizados utilizando um conjunto trator 120 CV e carregador florestal acoplado em carreta com dois eixos;

- **Tratamento 3:** definido como estratégia C, apresenta três produtos para comercialização (condição de multiprodutos). O primeiro, com exatamente 2,60 metros de comprimento e com diâmetro na ponta mais fina da tora com medida superior a 18,0 cm, destinado para processo em serraria visando produção de *pallets*. O segundo, com exatamente 2,80 metros de comprimento e com diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 14,0 cm (com aproximadamente 18,0 cm de diâmetro na ponta mais grossa), também destinado para serraria visando produção de *pallets*. O terceiro, com comprimento de 2,20 metros e com diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 3,0 cm (com aproximadamente 14,0 cm de diâmetro na ponta mais grossa), destinado a processamento mecânico (em picadores) ou geração de energia. Os procedimentos de corte e traçamento foram realizados exclusivamente com motosserra. A remoção, empilhamento e carregamento foram realizados de forma mecanizada com um conjunto trator 120 CV e carregador florestal acoplado em carreta com dois eixos;
- **Tratamento 4:** definido como estratégia D, apresenta três produtos de comercialização (condição de multiprodutos). O primeiro, com exatamente 5,20 metros de comprimento e com diâmetro na ponta mais fina da tora com medida superior a 24,0 cm, destinado para processo em serraria visando produção de peças para a construção civil. O segundo, com exatamente 2,60 metros de comprimento e com diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 18,0 cm (com aproximadamente 24,0 cm de diâmetro na ponta mais grossa), destinado para serraria visando produção de *pallets*. O terceiro, com comprimento de 1,10 metros e com diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 3,0 cm (com aproximadamente 18,0 cm de diâmetro na ponta mais grossa), destinado a geração de energia. Os procedimentos de corte e traçamento foram realizados exclusivamente com motosserra. A remoção, empilhamento e carregamento dos produtos destinados à serraria foram realizados de forma mecanizada com um conjunto trator 120 CV e carregador florestal acoplado em carreta com dois eixos. A remoção, empilhamento e carregamento dos produtos destinados à energia foram realizados manualmente e com um conjunto trator 90 CV 4x4 e carreta de um eixo;

- **Tratamento 5:** definido como estratégia E, apresenta três produtos de comercialização (condição de multiprodutos). O primeiro, com exatamente 5,20 metros de comprimento e com diâmetro na ponta mais fina da tora com medida superior a 24,0 cm, destinado para processo em serraria visando produção de peças para a construção civil. O segundo, com exatamente 2,60 metros de comprimento e com diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 18,0 cm (com aproximadamente 24,0 cm de diâmetro na ponta mais grossa), destinado para serraria visando produção de *pallets*. O terceiro, com comprimento de 2,20 metros e com diâmetro na ponta mais fina do torete com medida superior a 3,0 cm (com aproximadamente 18,0 cm de diâmetro na ponta mais grossa), destinado a processamento mecânico (picadores) ou geração de energia. Os procedimentos de corte e traçamento foram realizados exclusivamente com motosserra. A remoção, empilhamento e carregamento foram realizados de forma mecanizada utilizando um conjunto trator 120 CV e carregador florestal acoplado em carreta com dois eixos.

5.4 Análise econômica

A proposta básica para a avaliação econômica das cinco estratégias de comercialização da madeira do reflorestamento englobou, além dos resultados de produção dos multiprodutos, dos custos e receitas envolvidos, uma taxa de juros que expressa a variação temporal do fluxo de custos e receitas, e os diferentes métodos que podem ser empregados para definição da viabilidade financeira.

A taxa de juros utilizada seguiu os princípios de capitalização composta e deve refletir a taxa mínima de retorno aceitável do investidor. Considerando-se a dinâmica existente no Brasil quanto a taxas de juros, com variações dependentes tanto de imposições econômicas ou políticas, a taxa definida para as análises foi de 7,25 % ao ano, valor da taxa Selic de janeiro de 2013 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2013).

A fórmula de juros compostos pode ser apresentada da seguinte forma:

$$V_n = V_0 (1 + i)^n$$

em que:

V_0 = valor presente (valor inicial);

V_n = valor futuro depois de n períodos de capitalização;

i = taxa de juros por período; e

n = número de períodos de capitalização ou de descapitalização dos juros.

Para a avaliação das diferentes estratégias em termos do resultado financeiro ou do potencial de retorno, os critérios definidos foram Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Esperado da Terra (VET) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

O VPL é definido como o valor presente das receitas subtraído do valor presente dos custos e será calculado por meio da seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \left[\frac{R_t}{(1+i)^t} \right] - \sum_{t=0}^n \left[\frac{C_t}{(1+i)^t} \right]$$

em que:

R_t = receita no tempo t ;

C_t = custo no tempo t ;

i = taxa mínima aceitável de retorno; e

n = horizonte de duração do investimento.

O VET é o valor presente de uma série periódica perpétua de VFLs (Valor Futuro Líquido). A expressão geral do VET é a seguinte:

$$VET = \frac{RL_t}{[(1+i)^t - 1]}$$

em que:

VET = Valor Esperado da Terra;

RL_t = Receita Líquida capitalizada ao fim de t anos;

t = duração, em anos, de cada ciclo produtivo da floresta; e

i = taxa anual de juros.

A TIR é definida como a taxa de juros que torna igual o valor presente das receitas e o valor presente dos custos, isto é, aquela que faz com que o VPL seja nulo. A expressão para o cálculo da TIR é a seguinte:

$$\sum_{t=0}^n \left[\frac{R_t}{(1 + \text{TIR})^t} \right] - \sum_{t=0}^n \left[\frac{C_t}{(1 + \text{TIR})^t} \right] = 0$$

em que:

TIR= Taxa Interna de Retorno;

R_t= receita no período j;

C_t= custo no período j;

t= período de ocorrência de custos e receitas;

n = número de períodos do horizonte de planejamento do projeto.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Inventário florestal e modelo de afilamento

A partir da consolidação dos dados do inventário florestal e processamento da equação de afilamento de 5º grau, determinou-se um volume de madeira com casca de $488,58 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e um volume máximo comercial de $482,41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Considerando a área de 60,58 ha, o volume total de madeira, ao final de 12 anos, foi de $29.598,19 \text{ m}^3$. Este resultado determina um incremento médio anual (IMA) de $40,20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$, valor que pode ser considerado coerente e positivo em relação ao material genético utilizado, ao manejo silvicultural realizado e as condições ambientais decorrentes do clima durante o período de 12 anos de desenvolvimento do reflorestamento.

Os parâmetros estimados (β_i), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e erro padrão das estimativas em centímetros ($S_{yx} \text{ cm}$) e em porcentagem ($S_{yx} \%$) para o modelo de afilamento utilizado são apresentados na Tabela 2. Com base nos valores alcançados, verificou-se um ajuste adequado para o objetivo da análise, com valor de coeficiente de determinação elevado e erros padrões relativos baixos, semelhantes aos encontrados por Souza et al. (2008), Mendonça et al. (2008), Pires e Calegario (2007), Schneider et al. (1996).

Como valor de referência prática, o erro padrão que se relaciona com a troca do produto (ou destino do torete), à medida que ocorre a diminuição do diâmetro do fuste foi inferior a 1,0 cm ($S_{yx} = 0,72 \text{ cm}$). Esse valor define satisfatoriamente o momento de mudança para um novo produto considerando-se os resultados práticos que podem ser alcançados com o processo de traçamento do fuste utilizando-se motosserras.

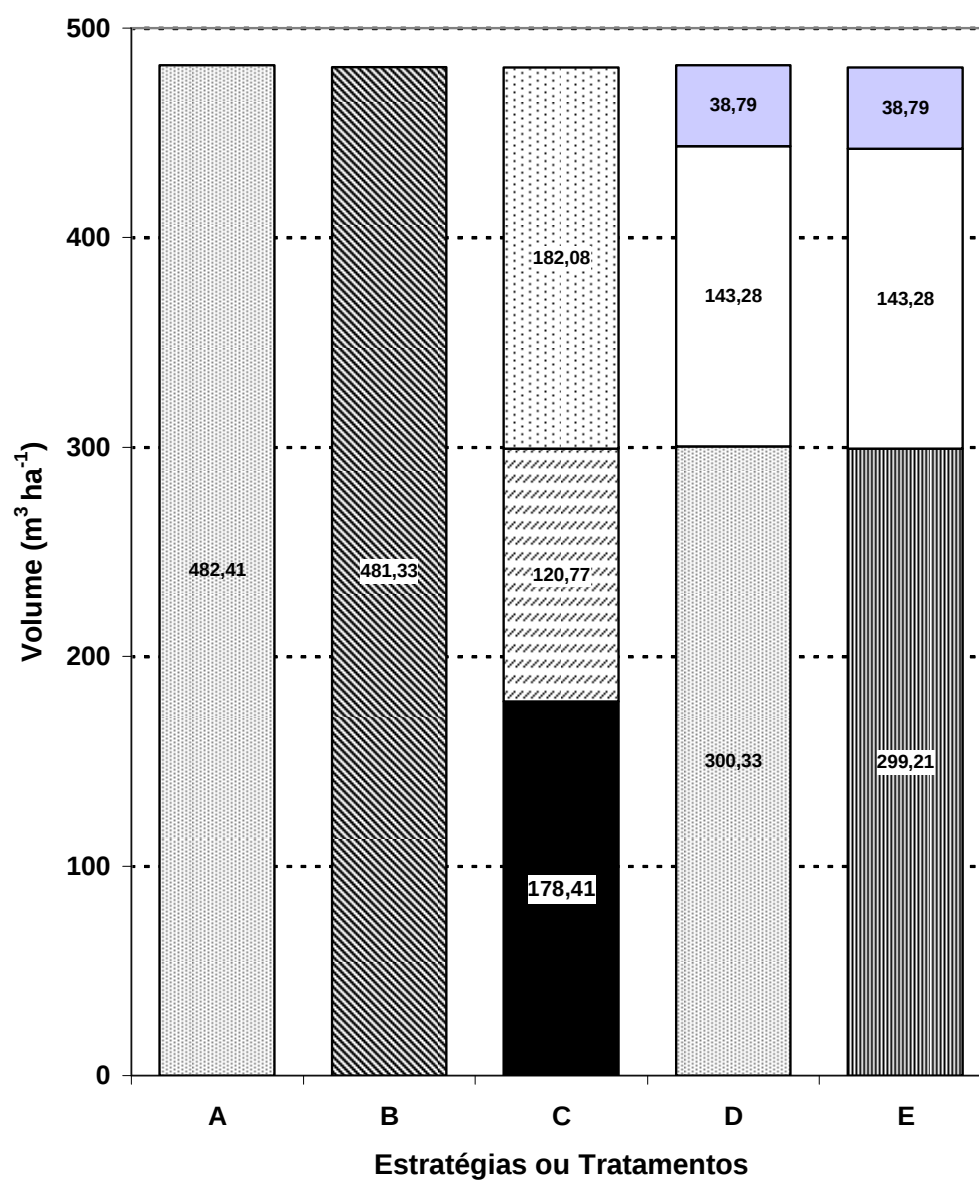
Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros da equação do quinto grau ajustada aos dados inventariados no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Modelo	Equação do 5º grau de Schöeper					
Parâmetros	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
	1,123866	-2,70502	10,66242	-24,1612	24,49073	-9,41464
$R^2_{aj}(\%)$	98,88268					
$S_{yx}(\%)$	5,147775					
$S_{yx}(\text{cm})$	0,723065					

Comparando os resultados para as diferentes estratégias de comercialização da madeira (Tratamentos), como esperado, houve pequena diferença com relação ao volume total de madeira com casca por hectare. O volume da estratégia A apresentou o valor máximo, somando 482,41 m³ e o volume da estratégia C o valor mínimo, somando-se 481,26 m³, definindo-se diferença de apenas 1,15 m³, a qual é explicada pela diminuição do volume causada pela entrada ou não do último torete de cada árvore no somatório, que depende da limitação de 3,0 cm de diâmetro na extremidade mais fina do torete. Para as estratégias A e D, onde o comprimento para o último torete foi menor (1,10 m), as perdas de madeira como resíduos foram menores em relação às estratégias com toretes finais de 2,20 metros.

A variação também foi pequena considerando-se os valores do coeficiente de variação entre as diferentes estratégias, variando de 13,17 m³ ha⁻¹ a 13,20 m³ ha⁻¹, valores que representam erros percentuais entre 6,12 e 6,13 para o volume total apurado em todas as estratégias de comercialização (erros inferiores a 10,0% considerando-se 5% de significância).

A Figura 1 apresenta graficamente os resultados de volume de madeira com casca entre as diferentes estratégias de comercialização, definindo-se também os volumes para os diferentes produtos nas estratégias onde mais de um produto foi comercializado (C, D e E). Analisando os percentuais de volume especificamente para as estratégias de multiprodutos C, que considerou o diâmetro de 14,0 cm como limite entre os principais destinos (geração de energia e processo ou serraria), encontrou-se que o maior volume de madeira do reflorestamento foi direcionado para a produção de madeira serrada, definindo-se 62,93% para tal uso.



Legenda de produtos:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| ■ > 3,0 cm - 1,1 m | ■ > 3,0 cm - 2,2 m |
| ■ > 3,0 e < 14,0 cm - 2,2 m | ■ > 3,0 e < 18,0 cm - 2,2 m |
| ■ > 14,0 e < 18,0 cm - 2,8 | □ > 18,0 e < 24,0 cm - 2,6 m |
| ■ > 18,0 cm - 2,6 m | ■ > 24,0 cm - 5,2 m |

Figura 1. Volume de madeira ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) gerado a partir do modelo de afilamento para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Esse resultado pode ser explicado pela idade adiantada do reflorestamento, que, com 12 anos, apresenta uma produtividade que pode ser considerada até acima do esperado, de $40,20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}$. Como referência, Alvares et al. (2009) encontrou IMA de $50,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em reflorestamentos de 5,5 anos em Capão Bonito, SP, e Simões et al. (2010) encontrou IMA de $42,37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em reflorestamentos de *E. grandis* de 7,0 anos no oeste do estado de São Paulo. Ainda, mesmo sem a execução de desbastes, apresenta uma proporção significativa de árvores com diâmetros a altura do peito (DAP) superiores a 14,00 cm (68,27%), conforme informado na Tabela 3 e representado graficamente na Figura 2.

Tabela 3. Distribuição diamétrica e altura média de *Eucalyptus grandis* com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Valor central da classe diamétrica (DAP)	Frequencia		Altura média
	n ha ⁻¹	%	
cm			m
5,0	20	1,38	8,17
7,0	57	3,90	12,97
9,0	76	5,20	16,63
11,0	122	8,41	19,61
13,0	187	12,84	22,46
15,0	232	15,98	24,83
17,0	181	12,46	26,81
19,0	153	10,55	27,53
21,0	143	9,86	29,99
23,0	109	7,49	33,19
25,0	62	4,28	33,21
27,0	51	3,52	35,17
29,0	33	2,29	34,99
31,0	14	0,99	36,00
33,0	7	0,46	38,12
35,0	4	0,31	38,80
37,0	1	0,08	37,00
Total	1.453	100,00	

Quando considerado o diâmetro de 18,00 cm como sendo o preferencial para realização do sortimento, visto que na maioria das serrarias das regiões de Sorocaba e Bauru esse ainda é o diâmetro mínimo utilizado, constatou-se que o maior volume de madeira do reflorestamento foi direcionado para a produção de energia em

fornos ou caldeiras de olarias, cerâmicas, frigoríficos, indústrias de celulose e papel, etc., definindo-se 68,27% para tal uso e 31,73% para fornecimento em serrarias.

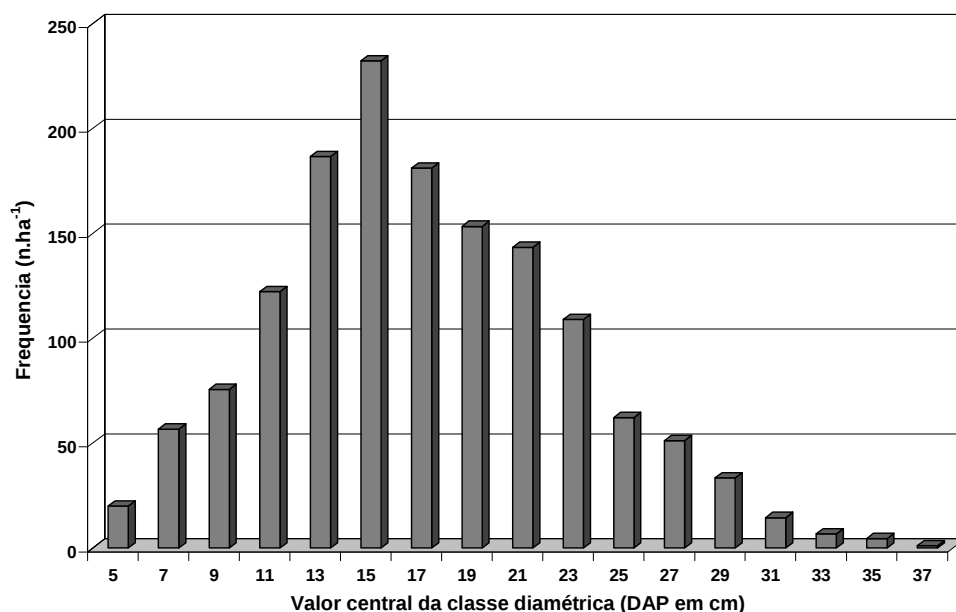


Figura 2. Distribuição diamétrica de *Eucalyptus grandis* com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Considerando apenas o fornecimento de madeira em serrarias, com diâmetros dos toretes superiores a 14,00 cm (estratégia C) ou 18,00 cm (estratégias D e E), ainda são possíveis outras subdivisões para fornecimento de toretes com diâmetros superiores a 24,00 cm (produto já denominado como tora ou torinha) ou acima de 30,00 cm de diâmetro (produto denominado como tora). Tais produtos – toretes, torinhas ou toras – atualmente variam com relação a seus diâmetros e comprimentos em decorrência das características dos equipamentos das serrarias e dos produtos serrados demandados, podendo haver variação entre os *pallets* fabricados e o conjunto de peças serradas para uso na construção civil.

Assim sendo, além de variações na especificação do torete entre serrarias, também se pode constatar variação de fornecimento em uma única serraria, sendo, essa demanda diversificada, uma tendência de mercado. No caso das estratégias definidas neste estudo, foram consideradas entre as opções, aquelas que realmente poderiam ocorrer na prática, por existência de mercado ou possibilidade de execução da colheita. No caso da estratégia de comercialização C, não foi incluído o produto com

diâmetro acima de 24,00 cm em decorrência do aumento de problemas operacionais (dificuldade no empilhamento a campo e remoção de quatro diferentes produtos) e problemas ambientais, como o excessivo acesso de máquinas na área do reflorestamento.

Analisando-se pelo lado qualitativo, merece destaque que tais produtos para serraria devem ser fornecidos ainda “verdes”, ou seja, em poucos dias (máximo 5) após o corte e traçamento, de modo a minimizar a ocorrência de rachamentos.

Quanto à madeira destinada a geração de energia, além do tradicional “metrinho”, com pouca restrição quanto ao seu diâmetro, existindo demanda para toretes grossos ou finos com comprimento de 1,10 metros, ocorre como tendência à utilização de toretes com 2,20 metros de comprimento, demandados principalmente pela maior facilidade de mecanização dos processos de colheita (corte, remoção, empilhamento e carregamento), diminuindo a utilização de uma mão de obra com tendência a escassez e aumentando-se o rendimento operacional. Como opção, essa madeira com 2,20 metros de comprimento também pode ser fornecida com maior aceitação quando um processo de desfragmentação é realizado (processo da madeira em picadores).

6.2 Custos e receitas

6.2.1 Implantação e manutenção do reflorestamento

Os custos de referência para a implantação e manutenção do reflorestamento da Fazenda Barra Mansa durante o período de 12 anos consolidou-se em R\$ 5.681,24 ha⁻¹, considerando-se todas as despesas com os procedimentos manuais ou mecanizados e insumos utilizados, e de um percentual de 10% sobre os custos operacionais efetivos, calculado em R\$ 516,47 ha⁻¹, relacionado à gestão do processo realizado pelo proprietário e participação de um consultor ou responsável técnico (ver Tabela 4).

Quanto ao custo operacional efetivo, o valor apurado foi de R\$ 5.164,77 ha⁻¹, sendo 51,84% referente à operacionalização dos procedimentos de implantação e manutenção e 48,16% para a aquisição de insumos, resultado que evidencia um equilíbrio de despesas e um nível tecnológico significativo para todo o processo, que se justifica pela utilização de procedimentos mecanizados (associação com mão de obra qualificada) e uso intensivo de fertilizantes, herbicidas, formicidas.

Tabela 4. Custos de produção dos processos de implantação e manutenção do reflorestamento de *Eucalyptus grandis* com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Descrição das etapas e procedimentos	Operacionalização		Insumos	Total
	Manual	Mecanizada		
	R\$.ha ⁻¹			
Ano 0 - Implantação				
Controle de formigas cortadeiras	42,00		7,00	49,00
Distribuição de calcário	3,50	29,82	175,00	208,32
Capina química mecanizada área total		31,58	125,00	156,58
Controle de formigas cortadeiras e cupins do solo			24,00	24,00
Alinhamento e abertura de sulco		174,73		174,73
Plantio manual das mudas	168,00	5,43	501,00	674,43
Irrigação de plantio	56,00	29,82		85,82
Controle de formigas cortadeiras	42,00		7,00	49,00
Fertilização manual básica (coveta lateral)	56,00	5,43	320,00	381,43
Controle de formigas cortadeiras	42,00		7,00	49,00
Replanteio	28,00	5,43	51,00	84,43
Capina manual na linha de plantio	168,00			168,00
Capina química mecanizada entrelinha		63,16	36,00	99,16
Fertilização manual de cobertura (coroa inteira)	42,00	5,43	210,00	257,43
manutenção química mecanizada de aceiros e carregadores		63,16	24,00	87,16
Capina química manual área total	72,80	31,58	60,00	164,38
Controle de formigas cortadeiras	42,00		7,00	49,00
Total	762,30	445,55	1554,00	2761,85
Total com valor administrativo				3038,03
Ano 1 - Manutenção				
Manutenção química mecanizada de aceiros e carregadores		31,58	24,00	55,58
Capina química mecanizada entrelinha		63,16	36,00	99,16
Controle de formigas cortadeiras	42,00		7,00	49,00
Fertilização manual de cobertura (coroa inteira)	42,00	5,43	210,00	257,43
Capina química manual área total	72,80		60,00	132,80
Manutenção química mecanizada de aceiros e carregadores		31,58	24,00	55,58
Total	156,80	131,75	361,00	649,55
Total com valor administrativo				714,50
Ano 2 - Manutenção				
Manutenção química mecanizada de aceiros e carregadores		63,16	24,00	87,16
Capina química manual área total	72,80		60,00	132,80
Controle de formigas cortadeiras	42,00		7,00	49,00
Fertilização mecanizada de cobertura (a lança em área total)	14,00	108,50	210,00	332,50
Manutenção química mecanizada de aceiros e carregadores		31,58	24,00	55,58
Total	128,80	203,24	325,00	657,04
Total com valor administrativo				722,74
Anos 3 a 11 - Manutenção				
Roçada manual e mecanizada da regeneração natural	7,00	27,74		34,74
Controle de formigas cortadeiras	28,00		3,50	31,50
Manutenção química mecanizada de aceiros e carregadores		31,58	24,00	55,58
Total	35,00	59,32	27,50	121,82
Total com valor administrativo				134,00
TOTAL	1362,90	1314,37	2487,50	5164,77
TOTAL COM VALOR ADMINISTRATIVO (10%)				5681,24

Comparando-se com estudos recentes para povoamentos de eucaliptos, embora com metodologias, períodos de manejo e locais diferenciados, o valor

de R\$ 5.164,77 ha⁻¹ pode ser considerado intermediário. Rapassi et al. (2008) e Melido (2012), com manejo de 12 anos, consolidaram, respectivamente, R\$ 2.099,24 ha⁻¹ e R\$ 5.519,99 ha⁻¹. Para implantação e manutenção em 6 anos, Carmo (2011), Castro et al. (2011) e Fielder et al. (2011), chegaram a valores de R\$ 3.774,52 ha⁻¹, R\$ 2.722,56 ha⁻¹ e R\$ 3.419,80 ha⁻¹, respectivamente. Pavan et al. (2010) trabalhando com sistema em talhadia com três rotações consolidou R\$ 4.200,57 ha⁻¹. Para implantação e manutenção em 4,5 anos Bianchini (2008) encontrou valores de R\$ 2.893,95 ha⁻¹.

Consolidando-se somente os custos de execução dos procedimentos, que totalizam R\$ 2.677,27 ha⁻¹, 50,91% foi referente à operacionalização manual e 49,09% para a mecanizada. Considerando a mão de obra envolvida, além dos R\$ 1.362,90 ha⁻¹ para execução dos procedimentos exclusivamente manuais (plantio, roçada, combate a formigas, etc.) ou manuais com equipamentos (pulverizadores costais e roçadeiras), também deve ser considerado o valor da participação da mão de obra nos processos mecanizados (operadores de máquinas). Este foi de R\$ 285,20 ha⁻¹, que somando aos R\$ 1.362,90 ha⁻¹, dos processos manuais com e sem equipamentos, totalizam R\$ 1.648,10 ha⁻¹, ou seja, 61,56% do custo para execução dos procedimentos e 31,91% do custo operacional efetivo, valor próximo ao encontrado por FIELDER et al. (2011) que foi de 34,81%.

Tais percentuais demonstram a importância da mão de obra em todo o processo, resultado que pode favorecer a participação do proprietário rural e seus familiares no mesmo, determinando um contexto positivo não só em termos financeiros como também sociais. Calculando o valor total de investimento em mão de obra (valor total com salários e encargos), consolida-se R\$ 99.841,90 para toda a área do reflorestamento (60,58 ha).

Consolidando-se as despesas com insumos, que totalizaram R\$ 2.487,50 ha⁻¹, ou 49,16% do total gasto, os custos foram distribuídos em: R\$ 1.125,00 ha⁻¹ (45,23%) com fertilizantes, R\$ 713,00 ha⁻¹ (28,66%) com herbicida pós emergente, R\$ 552,00 ha⁻¹ (22,19%) com mudas para plantio e replantio e R\$ 97,50 ha⁻¹ (3,92%) com formicidas.

Quanto à disponibilização do recurso financeiro ao longo da rotação foi consolidado um custo de R\$ 2.761,85 ha⁻¹ (53,47%) para o período de implantação (primeiro ano). Os gastos com manutenção nos anos 1, 2 e nos 9 anos restantes (do ano 3 ao 11) foram, respectivamente, R\$ 649,55 ha⁻¹ (12,58%), R\$ 657,04

ha⁻¹ (12,72%) e R\$ 1.096,34 ha⁻¹ (21,23%). Tais valores confirmam a necessidade de maior investimento financeiro no início dos processos silviculturais, e, devido ao retorno financeiro somente a médio ou longo prazo e aplicação de taxas de juros, tal valor se torna significativo. No caso, após os 12 anos, o valor de implantação de R\$ 2.761,85 ha⁻¹, a uma taxa de 7,25% de juros, confirma-se em um custo atual de R\$ 5.964,45 ha⁻¹.

6.2.2 Custos de colheita do reflorestamento

A partir dos preços operacionais médios (em R\$ m⁻³), com os resultados de produção (m³ ha⁻¹) para cada estratégia ou produto, foram calculados os custos totais, conforme apresentado na Tabela 5. Para todas as estratégias ou produtos, além dos custos diretos dos procedimentos, os preços também consideram os tributos pertinentes e uma taxação administrativa próxima a 10,0 %.

Tabela 5. Custos operacionais do processo de colheita do reflorestamento de *Eucalyptus grandis* com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Estratégia	Volume comercial m ³ ha ⁻¹	Custo de corte e traçamento		Custo de remoção e empilhamento		Custo de carregamento		Total de custos	
		R\$ m ⁻³	R\$ ha ⁻¹	R\$.m ³⁽⁻¹⁾	R\$.ha ⁻¹	R\$ m ⁻³	R\$ ha ⁻¹	R\$ m ⁻³	R\$ ha ⁻¹
A	482,41	9,64	4.648,50	7,88	3.803,32	2,92	1.408,64	20,44	9.860,46
B	481,33	7,88	3.794,81	5,26	2.529,87	1,75	843,29	14,89	7.167,97
C	178,41	8,76	1.562,87	6,57	1.172,15	2,19	390,72	17,52	3.125,74
	120,77	8,76	1.057,95	6,57	793,46	2,19	264,49	17,52	2.115,89
	182,08	8,76	1.595,02	6,57	1.196,27	2,19	398,76	17,52	3.190,04
Total	481,26		4.215,84		3.161,88		1.053,96		8.431,68
D	300,33	9,64	2.893,98	7,88	2.367,80	2,92	876,96	20,44	6.138,75
	143,28	8,76	1.255,13	6,57	941,35	2,19	313,78	17,52	2.510,27
	38,79	8,76	339,80	8,76	339,80	2,63	101,94	20,15	781,54
Total	482,40		4.488,91		3.648,95		1.292,69		9.430,55
E	299,21	8,76	2.621,08	6,57	1.965,81	2,19	655,27	17,52	5.242,16
	143,28	8,76	1.255,13	6,57	941,35	2,19	313,78	17,52	2.510,27
	38,79	8,76	339,80	8,76	339,80	2,63	101,94	20,15	781,54
Total	481,28		4.216,01		3.246,96		1.070,99		8.533,97

Considerando o procedimento operacional de corte do reflorestamento realizado com motosserra no sistema 2 + 0 (trabalho alternado para derrubada, desgalho e traçamento da madeira de 2 motosserristas durante o dia) foram calculados os valores de R\$ 9,64 m⁻³ para a aquisição de toretes com 1,10 metros de comprimento; R\$ 7,88 m⁻³ para toretes de 2,20 metros, R\$ 8,76 m⁻³ para toretes de 2,60 ou 2,80 metros, e R\$ 8,76 m⁻³ para toras com 5,20 metros, independentemente dos valores de diâmetros.

Tais diferenças nos preços são consequentes não somente do rendimento operacional, como também das diferenças nas quantidades de insumos utilizados – como combustível, óleos lubrificantes, peças e ferramentas de desgaste (sabre, correntes, limas, etc.) – para confecção de cada produto. Normalmente, para condições ambientais idênticas, o rendimento operacional para se embandeirar (pequenas pilhas entre linhas de plantio) toretes de 1,10 metros é inferior ao embandeiramento de toretes com 2,20 metros, visto que existe uma necessidade duas vezes maior para o traçamento e movimentação de toretes. De modo semelhante, os desgastes das máquinas e equipamentos também são maiores.

No caso de geração de multiprodutos, o rendimento operacional também tendeu a diminuir e, dependendo dos produtos envolvidos, como por exemplo na estratégia D, onde foram gerados toretes com 1,10 metros de comprimento, os preços foram diferenciados por produto.

Desta forma, com relação a esse procedimento, o menor custo calculado foi para a estratégia B (Figura 3) que apresenta toretes com tamanhos únicos de 2,20 metros. Ao contrário, mesmo sem a geração de multiprodutos, a estratégia A, com toretes de 1,10 metros, foi aquela que apresentou o maior custo por hectare. Entre as estratégias de multiprodutos, a estratégia D, que apresenta como um dos produtos toretes com 1,10 metros, foi a que apresentou o maior custo.

Considerando-se os procedimentos operacionais de remoção, empilhamento e carregamento da madeira do reflorestamento, foram calculados os valores de R\$ 10,80 m⁻³ para a remoção, empilhamento e carregamento de toretes com 1,10 metros de comprimento; de R\$ 7,01 m⁻³ para toretes de 2,20 metros (estratégia B), R\$ 8,76 m⁻³ para toretes de 2,20, 2,60 ou 2,80 metros (estratégias C, D e E), e R\$ 11,39 m⁻³ para toras com 5,20 metros, independentemente dos comprimentos dos diâmetros.

Tais diferenças nos preços são consequentes das características dos dois modelos utilizados, que apresentam maior ou menor utilização de mão de obra e diferente conjunto de máquinas. No modelo para toretes de 1,10 metros, devido à dificuldade de mecanização e utilização de uma maior quantidade de mão de obra (carregadores de madeira), ocorre à tendência de maiores custos pela menor produtividade operacional em relação à mecanização.

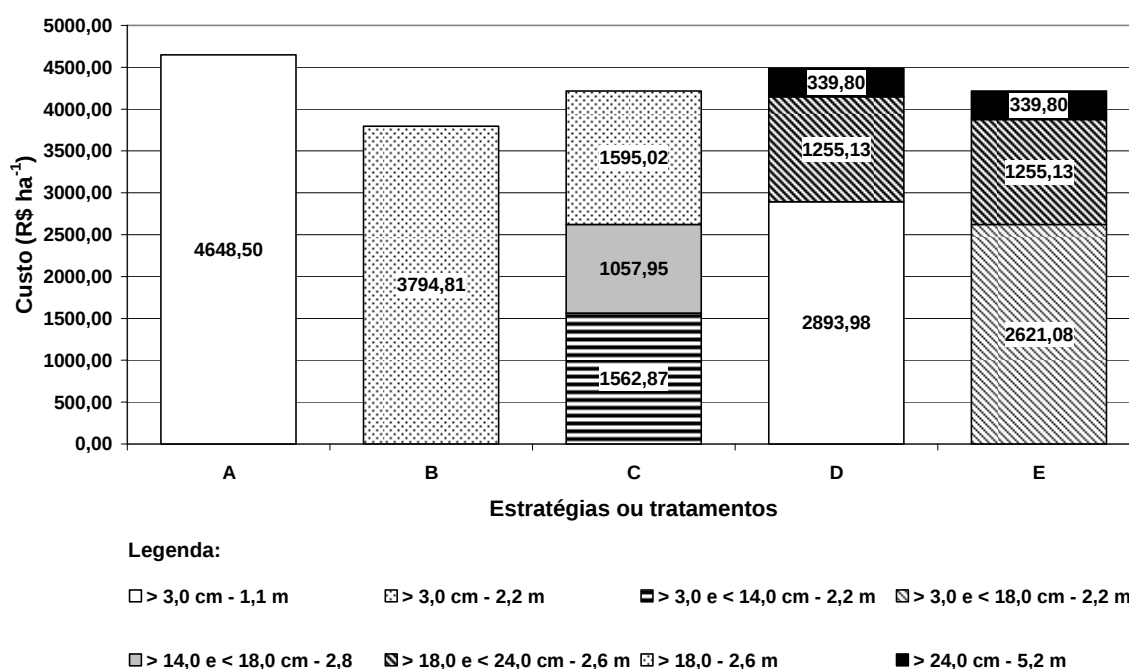


Figura 3. Custos para o procedimento de corte do reflorestamento (R\$ ha⁻¹) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Considerando uma equipe com dois trabalhadores, sendo um operador de máquinas que também executa o serviço braçal e um exclusivamente braçal, o rendimento médio diário de remoção e empilhamento de toretes de 1,10 metros foi calculado em R\$ 30,00 m⁻³. Enquanto que, para remoção e empilhamento com um conjunto trator + carregador florestal (com um operador de máquinas) para toretes com 2,20 metros, o rendimento médio diário foi calculado em R\$ 100,00 m⁻³. Comparando com Seixas (2008), que apresenta rendimentos operacionais para um trator autocarregável semelhante, com valor de R\$ 115,00 m⁻³ para toretes com 5,50 metros, o valor calculado não se mostrou divergente.

As diferenças nos preços se confirmam pelas despesas relacionadas à quantidade de mão de obra envolvida, que, devido ao valor salarial e encargos trabalhistas, determinam significativa porcentagem no custo total do sistema executado.

No caso de geração de multiprodutos, devido à possibilidade de remoção de apenas um produto em cada “viagem” (deslocamento vazio – carregamento – deslocamento carregado), ocorre a necessidade de repetidas passagens do conjunto máquina-carregador em um mesmo carreador, resultando no aumento do percurso do conjunto para remoção de um determinado volume de madeira. Assim sendo, o custo da operação, em R\$ m⁻³, tende a aumentar à medida que mais produtos são removidos e empilhados separadamente.

Desta forma, com relação aos procedimentos de remoção, empilhamento e carregamento para transporte (comercialização), o menor custo calculado foi para a estratégia B (Figura 4), que determina sistema totalmente mecanizado e apenas uma passagem por carreador de carregamento. Devido à maior dependência de mão de obra, mesmo sem a geração de multiprodutos, a estratégia A, com toretes de 1,10 metros, foi aquela que apresentou o maior custo por hectare, superando em 54,50% o custo da estratégia B. Entre as estratégias de multiprodutos, a estratégia D, que apresenta como um dos produtos toretes com 1,10 metros, foi a que apresentou o maior custo. As estratégias C e E apresentaram custos semelhantes.

Consolidando os resultados do corte do reflorestamento: derrubada, desgalhamento, traçamento e embandeiramento; remoção da madeira: deslocamento vazio, carregamento, deslocamento carregado e empilhamento na bordadura do talhão; e carregamento em caminhões ou carretas para a comercialização, ficou evidenciado que em todas as estratégias analisadas os custos com o corte do reflorestamento foram os mais expressivos, variando entre 47,14% (estratégia A) e 52,94% (estratégia B) em relação o custo total (Figura 5). Os custos de corte para as estratégias de multiprodutos alcançaram valores intermediários entre tais porcentagens.

Os custos de remoção e carregamento demonstraram uma tendência semelhante aos custos do corte em todas as estratégias, resultados que indicam que os custos totais foram mais influenciados pelos produtos das diferentes estratégias em comparação as características de cada etapa da colheita, ou seja, independente dos procedimentos realizados, os custos totais foram principalmente definidos pelos produtos

previamente escolhidos, contexto que aumenta a importância dos processos de planejamento e manejo em reflorestamentos de eucaliptos.

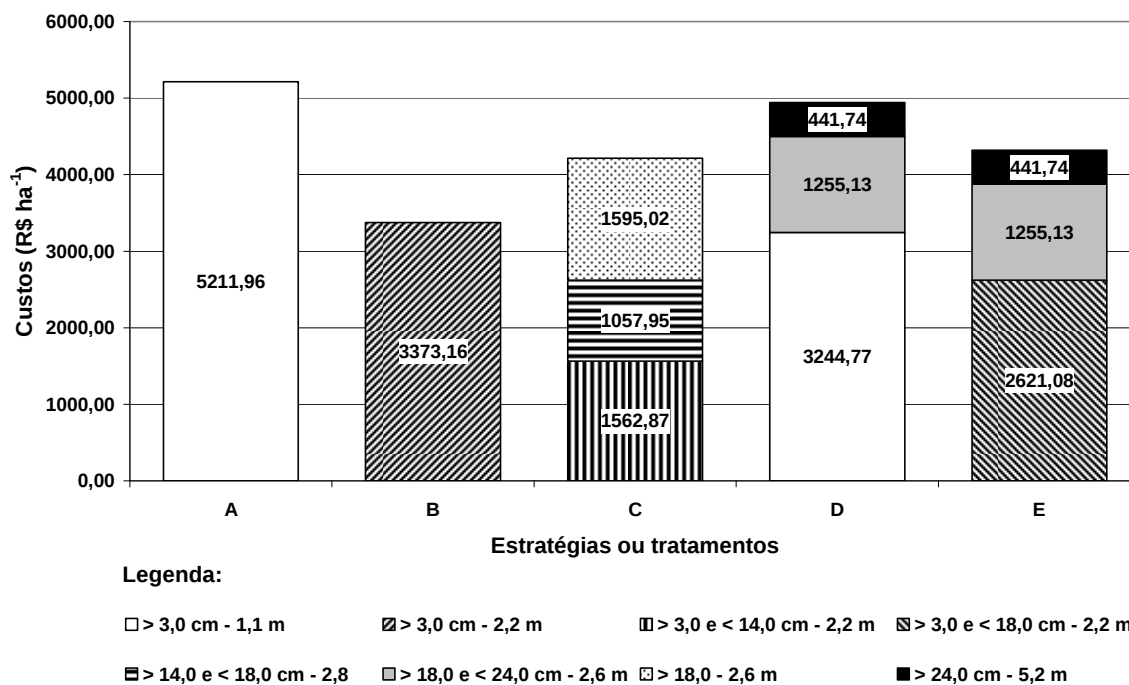


Figura 4. Custos para os procedimentos de remoção, empilhamento e carregamento da madeira (R\$ ha⁻¹) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Os resultados demonstraram que os custos totais variaram de R\$ 7.167,97 ha⁻¹ para R\$ 9.860,46 ha⁻¹ entre as estratégias B e A, uma diferença de R\$ 2.692,49 ha⁻¹, que representa 37,56%. Esta diferença demonstra que o custo do processo de colheita da madeira foi significativamente diminuído com a completa mecanização dos procedimentos, e, havendo possibilidade, a substituição comercial de toretes com 1,10 metros por toretes com 2,20 metros de comprimento pode determinar melhores resultados financeiros.

Entre as opções para multiprodutos, os maiores custos foram encontrados na estratégia D, na qual também existe a proposta de colheita semimecanizada para toretes com 1,10 metros.

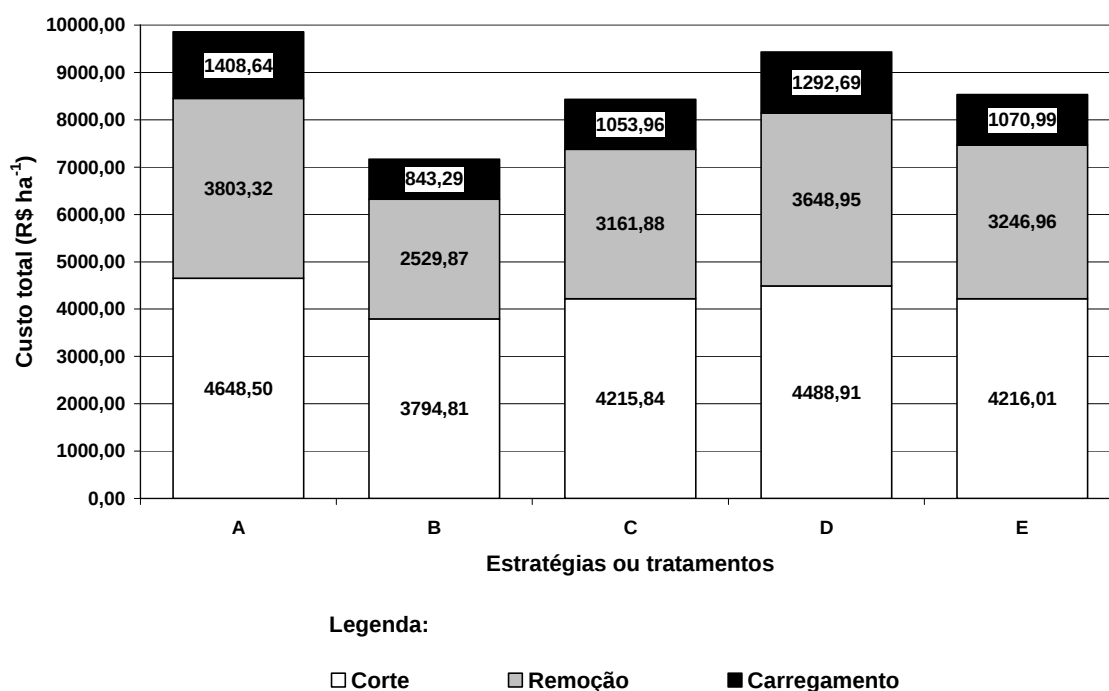


Figura 5. Custos totais do processo de colheita da madeira (R\$ ha⁻¹) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

6.2.3 Definição dos preços de comercialização

Os preços de comercialização calculados para os diferentes produtos tiveram influência principalmente dos seus diâmetros e em relação aos seus destinos, variando de R\$ 57,29 m⁻³ a R\$ 99,85 m⁻³, sendo os toretes com diâmetros de 3,0 a 14,0 cm e comprimento de 2,20 m, destinados à geração de energia, os de menor valor, e as toras com diâmetros acima de 24,0 cm e com 5,20 m de comprimento, destinadas as serrarias que confeccionam peças para a construção civil, de valores superiores (Tabela 6).

Embora o processo de negociação seja determinante para definição das margens de lucro, variando normalmente até 10,0%, para o alcance de melhores preços, devem ser consideradas principalmente as características da madeira comercializadas, que no caso, elevaram o preço em aproximadamente 74,3%. Esse resultado indica que o aspecto determinante para a aquisição de produtos com maior valor agregado, que é o manejo silvicultural dos reflorestamentos, deve ser prioritariamente considerado.

Assim, seja em situações com ou sem desbastes, além da correta realização dos procedimentos silviculturais tradicionais (implantação e manutenção), que influenciam diretamente no desenvolvimento do povoamento, outras providências como a seleção de materiais genéticos que apresentem características desejáveis e a implementação de procedimentos corretivos (podas de bifurcações e galhos) ou que, relacionadas ao processo de colheita, possam manter a boa qualidade dos produtos (condições e períodos de remoção) são determinantes para o aumento dos retornos financeiros de um povoamento florestal.

Quanto aos retornos financeiros totais, baseados nos volumes de madeira calculados para cada estratégia e os preços unitários dos diferentes produtos, foram as estratégias de multiprodutos àquelas que promoveram os maiores valores de comercialização, sendo a estratégia D a maior, com montante de R\$ 31.770,00 ha⁻¹ (Figura 6).

Tabela 6. Descrição dos produtos, preços unitários e receita total para as diferentes estratégias de comercialização do reflorestamento de *Eucalyptus grandis* com idade de 12 anos na Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Estratégia	Produto	Classe diâmetro	Comprimento do torete (m)	Volume comercial (m ³ ha ⁻¹)	Preço de venda do produto (R\$ m ⁻³)	Valor desconto de tributos (R\$ m ⁻³)	Preço de venda - tributação (R\$ m ⁻³)	Valor de receita (R\$.ha ⁻¹)
A	Geração de energia	acima de 3,0 cm	1,10	482,41	60,83	1,40	59,43	28.670,07
B	Geração de energia e processo	acima de 3,0 cm	2,20	481,33	60,05	1,38	58,67	28.239,08
C	Geração de energia e processo	entre 3,0 e 14,0 cm	2,20	178,41	58,64	1,35	57,29	10.221,34
	Processo em serraria (pallets)	entre 14,0 e 18,0 cm	2,80	120,77	65,70	1,51	64,19	7.752,09
	Processo em serraria (pallets)	acima de 18,0 cm	2,60	182,08	71,78	1,65	70,13	12.769,10
Total				481,26				30.742,53
D	Geração de energia	entre 3,0 e 18,0 cm	1,10	300,33	60,83	1,40	59,43	17.848,89
	Processo em serraria (pallets)	acima de 18,0 a 24,0 cm	2,60	143,28	71,78	1,65	70,13	10.048,09
	Processo em serraria	acima de 24,0 cm	5,20	38,79	102,20	2,35	99,85	3.873,16
Total				482,40				31.770,14
E	Geração de energia	entre 3,0 e 18,0 cm	2,20	299,21	60,05	1,38	58,67	17.554,31
	Processo em serraria (pallets)	acima de 18,0 a 24,0 cm	2,60	143,28	71,78	1,65	70,13	10.048,09
	Processo em serraria	acima de 24,0 cm	5,20	38,79	102,20	2,35	99,85	3.873,16
Total				481,28				31.475,56

Esse resultado se explica principalmente pelo satisfatório volume de madeira dos toretes com diâmetros superiores a 18,00 cm, o qual alcançou 37,83% do volume total, podendo ser comercializado por preços superiores a R\$ 70,00 m⁻³.

As estratégias A e B, ambas com apenas um produto de comercialização, normalmente direcionados para a queima em fornos de cerâmicas ou caldeiras de indústrias, visando à geração de energia, foram aquelas que apresentaram os menores retornos financeiros, sendo R\$ 28.670,07 ha⁻¹ e R\$ 28.239,08 ha⁻¹, respectivamente.

Mesmo assim, tais produtos que apresentaram menor preço devem ser considerados de igual importância, visto que, atualmente, são os principais produtos comercializados por pequenas e médias propriedades rurais, além do fato de que sempre irão fazer parte do volume total do povoamento ou de uma estratégia para produção de multiprodutos. No caso, devido à rigidez do mercado quanto à definição dos preços (normalmente definidos pelos compradores), o rendimento operacional e a diminuição de custos relacionados à colheita dessa madeira deveriam ser mais estudados.

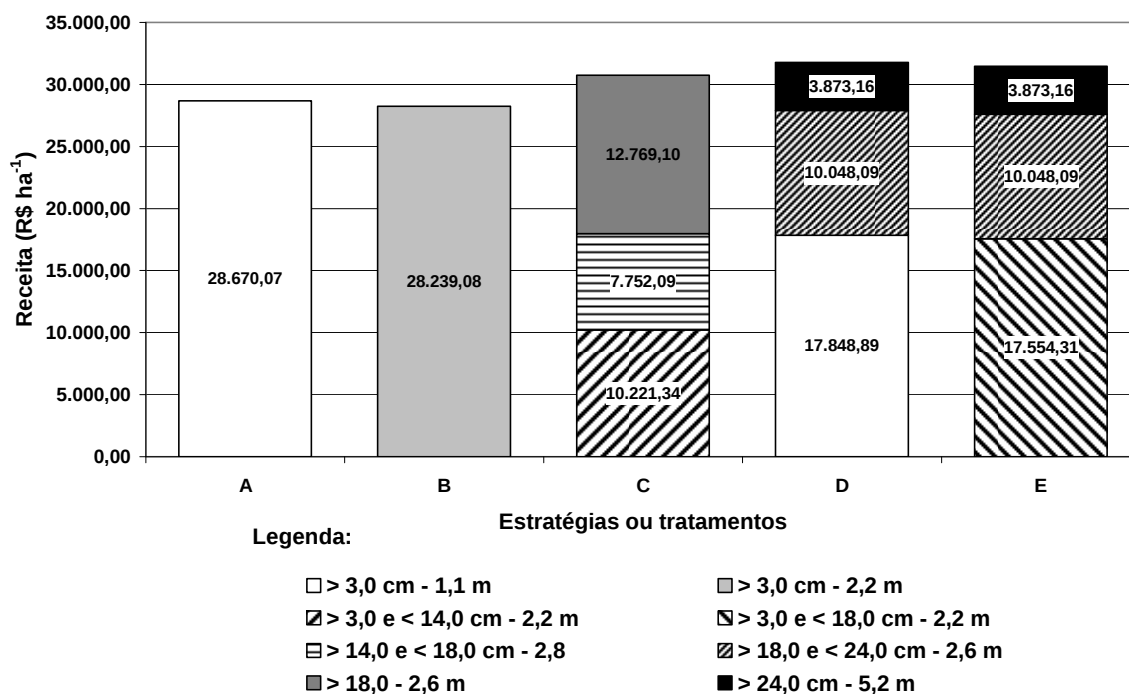


Figura 6. Comparativo das receitas totais do processo comercialização (R\$ ha⁻¹) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

6.3 Análise econômica

Comparando-se os resultados do Valor Presente Líquido das diferentes estratégias (ver Figura 7), os menores valores foram definidos para àquelas em que somente um produto foi comercializado, demonstrando-se que as opções de comercialização de multiprodutos determinou melhores retornos econômicos, seguindo conclusões de Castro et al. (2011), Pavan et al. (2010), Santos (2010), Baena (2005), Soares et al. (2003) e Soares (2002).

Os menores valores de VPL foram encontrados para as estratégias A e B, ambas com um só produto de comercialização destinado principalmente para geração de energia, porém, com diferentes comprimentos dos toretes. Devido a um custo total de colheita superior na estratégia A, de 37,56%, mesmo com uma maior receita (R\$ 28.670,07 ha⁻¹) que a calculada para a estratégia B (R\$ 28.239,08 ha⁻¹), os VPLs foram respectivamente R\$ 3.626,37 ha⁻¹ e R\$ 4.673,47 ha⁻¹, valores diferenciados em 28,87 %. Esse resultado demonstra que não somente um satisfatório preço de venda, que pode determinar uma receita superior, é determinante para um maior retorno econômico, sendo necessária também uma avaliação do manejo dos reflorestamentos e de seus processos.

No caso da estratégia A, a colheita da madeira foi proposta com um maior envolvimento de mão de obra braçal em decorrência de uma operacionalização convencional, comum para toretes com 1,10 m, e, nesta condição, os custos foram significativamente maiores ao processo mecanizado da estratégia B.

Analisando-se os resultados de VPL para as estratégias C, D e E, todas com multiprodutos, o melhor retorno econômico foi para a estratégia E, que apresentou valor de R\$ 5.539,60 ha⁻¹, valor 18,53% superior ao VPL da estratégia B e valores 5,57% e 5,30% superiores para as estratégias C e D respectivamente.

A estratégia E, com três produtos comercializados, sendo o primeiro já tradicional, de madeira para produção de energia, e os outros dois com madeira para serraria, com toretes ou toras com diâmetros superiores a 18,0 ou 24,0 cm, teve, além desse aspecto de seleção que agrega valor à madeira, uma colheita mecanizada, de modo que a relação custo e receita foi satisfatória.

Já a estratégia C, também com três produtos para comercialização e colheita mecanizada, devido a não inclusão do produto com diâmetro acima de 24,0 cm, que apresentou o melhor preço de comercialização (R\$ 99,85 m⁻³), apresentou um VLP

inferior (R\$ 5.247,53 ha⁻¹) e, desta maneira, esta estratégia somente seria interessante financeiramente se o produto citado não fosse demandado.

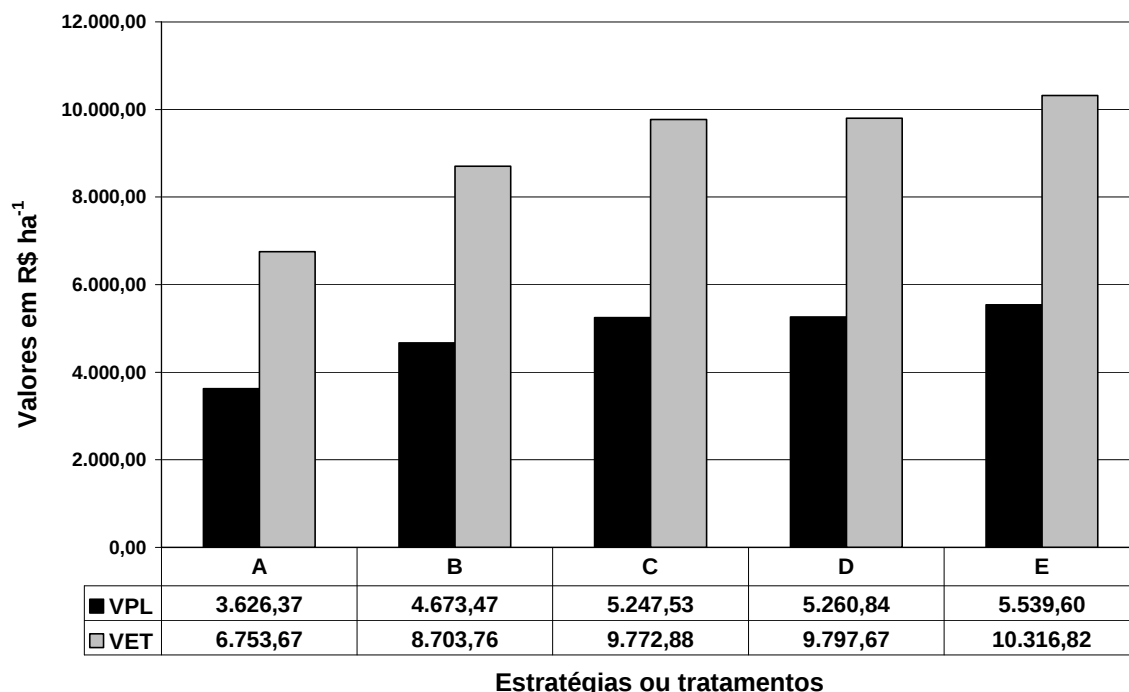


Figura 7. Resultados do Valor Presente Líquido e Valor Esperado da Terra (R\$ ha⁻¹) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

Considerando-se o resultado do VPL para a estratégia D (R\$ 5.260,84 ha⁻¹), mesmo com a maior receita, de R\$ 31.770,14 ha⁻¹, seu valor inferior se justifica pelo aumento dos custos do processo de colheita, visto que para 62,26% da madeira comercializada, os procedimentos de remoção e carregamento foram realizados com o envolvimento de mão de obra braçal (toretas com 1,10 m). Porém, esta estratégia pode se apresentar em alguns casos como obrigatória em decorrência da tradicional demanda desse produto.

Comparando-se os resultados dos VPLs calculados com estudos recentes, os valores encontrados com o objetivo de geração de energia foram semelhantes aos encontrados por Melido (2012) em Minas Gerais, os quais alcançaram para dois clones os valores de R\$ 3.781,57 ha⁻¹ e R\$ 3.565,59 ha⁻¹ para o mesmo objetivo, e, no Espírito Santo, Carmo et al. (2011) encontrou um valor inferior (R\$ 2.412,14 ha⁻¹).

Os valores calculados também superaram os VPLs encontrados por Santos (2010) em povoamentos de eucaliptos no Estado do Espírito Santo, quando a madeira foi comercializada para geração de energia ou para produção de celulose e apresentaram valores inferiores a R\$ 2.000,00 ha⁻¹. Porém, quando a comercialização de tais produtos foi combinada com a venda de mourões, os valores dos VPLs variaram de R\$ 3.000,00 ha⁻¹ a 17.000,00 ha⁻¹ dependendo da propriedade avaliada e taxa de juros.

Souza Junior (2012) avaliando reflorestamentos de eucaliptos no planalto serrano de Santa Catarina encontrou VPL (com taxa de desconto de 5,0%) de R\$ 1.221,75 ha⁻¹ para plantios de ciclo curto (7 anos) e de R\$ 11.930,31 ha⁻¹ para plantios de ciclos longos (20 anos) com comercialização de multiprodutos. Em condição definida como “eucalipto familiar”, com 12 anos de manejo e produção de 472,00 m³ ha⁻¹ (valores semelhantes a esse estudo), o VPL encontrado foi de (com taxa de desconto de 5,0%) R\$ 6.673,06 ha⁻¹, valor que pode ser considerado semelhante aos calculados para as estratégias C, D e E.

Pavan et al. (2010) encontrou VPL de R\$ 2.152,30 ha⁻¹ a R\$ 10.640,28 ha⁻¹ comercializando multiprodutos para geração de energia, celulose e serrarias no Rio Grande do Sul, porém, quando a madeira foi destinada para produção de celulose e energia, os maiores valores encontrados foram de R\$ 3.110,69 ha⁻¹ e R\$ 1.668,76 ha⁻¹, respectivamente, com tendência a valores negativos para distâncias de transporte acima de 50,0 km.

Como referência para o estado de São Paulo, Rapassi et al. (2008) encontrou um VPL de R\$ 2.602,76 ha⁻¹ em análise econômica de um povoamento de eucaliptos manejado com desbastes em um ciclo de 12,0 anos, com produtos para geração de energia, produção de celulose e serraria. Com base neste resultado, as estratégias para multiprodutos no povoamento estudado foram significativas.

Analisando-se os resultados encontrados para o Valor Esperado da Terra (VET), as proporcionalidades foram semelhantes às encontradas para o VPL, com valores em ordem crescente da estratégia A para a E. Os valores variaram de R\$ 6.753,67 ha⁻¹ para a estratégia A até R\$ 10.316,82 ha⁻¹ para a estratégia E, confirmando os melhores resultados para as opções de comercialização de multiprodutos.

Comparando-se os resultados com o valor real da terra da região onde se localiza a Fazenda Barra Mansa, que segundo IEA (2013), em novembro de 2012 foi de R\$ 13.486,10 ha⁻¹, os resultados não foram satisfatórios, independentemente da

estratégia. Esse contexto pode ser um indicativo de que as terras do estado de São Paulo já estão com valores de comercialização elevados para os atuais retornos econômicos de reflorestamentos com eucaliptos, confirmando a necessidade de manejos diferenciados de modo a se obter produtos com maior valor agregado.

Quando se analisa os resultados encontrados para a Taxa Interna de Retorno (TIR), os valores calculados apresentaram comportamento semelhante aos resultados dos métodos já discutidos (Figura 8), favorecendo financeiramente as estratégias de multiprodutos.

Os valores de TIR encontrados, entre 13,30% e 15,58%, podem ser considerados satisfatórios comparando-se com os retornos atuais de aplicações financeiras de renda fixa, como poupança e títulos nominativos (CDBs) que apresentam taxas anuais de 6,28% e 7,61%, respectivamente, e variações anuais do Dólar Comercial, com taxa de 10,68%, e Ouro BM&FBovespa, de 8,15% (VALOR DATA, 2013).

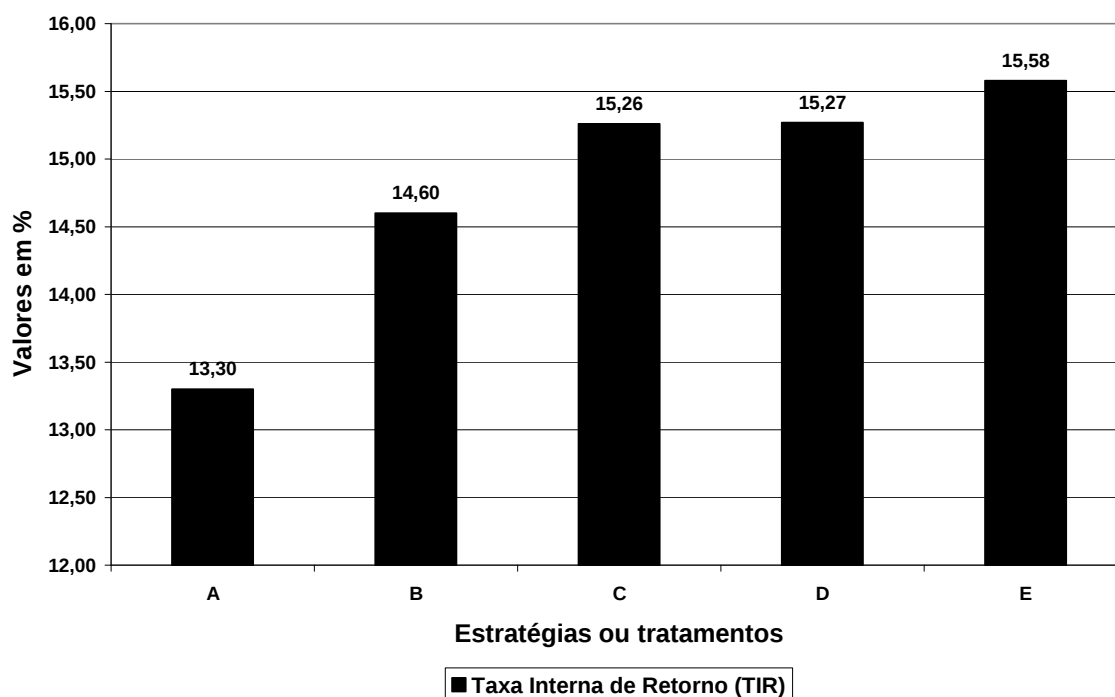


Figura 8. Resultados da Taxa Interna de Retorno (em %) para as diferentes estratégias de comercialização no reflorestamento da Fazenda Barra Mansa, município de Bofete, SP.

7 CONCLUSÕES

Considerando as estratégias de comercialização definidas, todas apresentaram resultados econômicos positivos, de modo que a atividade florestal é uma opção viável para propriedades rurais com características semelhantes a da Fazenda Barra Mansa.

Entre as estratégias de comercialização da madeira, aquelas que envolveram multiprodutos apresentaram valores maiores para VPL, VET e TIR, sendo as melhores opções de comercialização, promovendo maiores retornos econômicos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF): ano base 2011.** Brasília: ABRAF, 2012, 149 p.

ABRAF. **Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF): ano base 2010.** Brasília: ABRAF, 2011, 130 p.

AGRIANUAL 2013. **Anuário da Agricultura Brasileira.** São Paulo: Informa Economics FNP, 2012, 480 p.

ALMEIDA, A. N. et al. Análise de fatores que influenciam o preço da madeira em tora para processamento mecânico no Paraná. **Cerne**, v. 16, n. 2, p. 243-250, 2010.

ALMEIDA, A. N. **Estudo econométrico da demanda e ofertade madeira em tora para o processamento mecânico no estado do Paraná.** 2006. 217 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ALVES, M. K. L; FERREIRA, O. O. Avaliação da etapa de derrubada e processamento de eucalipto para celulose. **Ciência Florestal**, v.8, n.1, 1998.

ANDREON, B. C. **Análise de custos do corte florestal semimecanizado em região declivosa no sul do Espírito Santo.** 2011. 24 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

ARBAGE, A. P. **Fundamentos de economia rural**, Argos Editora Universitária, Chapecó, SC, 2006, 272 pag.

ARCE, J. E. et al. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 207-217, 2004.

BAENA, E. S. A rentabilidade econômica da cultura do eucalipto e sua contribuição ao agronegócio brasileiro. **Conhecimento Interativo**, v.1, n. 1, p. 3-9, 2005.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Consulta a Taxa Selic Mensal**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?SELICMES>>. Acesso em: 16 abr. 2013.

BERTIN, V. A. S. **análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Energia na Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

BIANQUINI, L. A. **Análise de custo e receita de povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidos a dois regimes de manejo: estudo de caso em propriedade rural na zona da mata mineira**. 2008. 40 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Taper. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa, MG, 3 ed., p. 131-189, 2009.

CANTO, J. E. et al. Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 989-998, 2006.

CARMO, F. C. A. et al. Análise de custos da implantação de cultivos de eucalipto em áreas acidentadas no sul do Espírito Santo. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 473-479, 2011.

CARVALHO, A. M. de **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CASTANHO FILHO, E. P. Bases para um Programa Estadual de Florestas. **Florestar Estatístico**, São Paulo, SP, v. 6, n. 14, p. 12-18, jan. 2003.

CASTRO, R. V. O. et al. Avaliação econômica de um povoamento de eucalipto desbastado e destinado a multiprodutos da madeira. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 351-357, 2011.

CEPAGRI, **Clima dos municípios paulistas**. Campinas: UNICAMP, 2012. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_078.html>. Acesso em: 20 jul. 2012.

CORDEIRO, S. A. et al. Contribuição do fomento do órgão florestal de Minas Gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. **Revista Árvore**, v. 34, n.2, p. 367-376, 2010.

DUERR, W. A. **Fundamentos da economia florestal**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 754 p., 1972.

FALCÃO, A.; BORGES, J. G. Programação linear e gestão estratégica em recursos florestais – aplicação à Mata Nacional de Leiria. **Revista Florestal**, Lisboa, v.12, n.1/2, p.93-98, 1999.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de concentração: Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FIEDLER, N. C. et. al. Viabilidade técnica e econômica de plantios comerciais em áreas acidentadas no sul do Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v.21, n.4, p.745-753, 2011.

FRANÇA, F. S. Índice Paulista de Potencialidade de Reflorestamento: IPPR. **Florestar Estatístico**, São Paulo, SP, v.11, n. 20, p. 18-27, jun. 2008.

GAVA, J. L. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suave-onduladas. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 5, p.223-243.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.).

Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 3, p.133-204.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: BENEDETTI, V.; GONÇALVES, J. L. M. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. cap. 1, p.1-57.

IEA. **Valor de Terra Nua.** São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2013. Disponível em: <http://www.ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precors.aspx?cod_tipo=1&cod_sis=8>. Acesso em: 16 abr. 2013.

INSTITUTO GEOLÓGICO, **Geomorfologia (OnLine).** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/ps_geomorfo.asp>. Acesso em: 20 jul. 2012.

KLEMPERER, W. D. **Forest Resource Economics and Finance,** McGraw-Hill, Inc., New York, 1996, p. 169-201.

LEÃO, R. M. **A Floresta e o homem,** EDUSP-IPEF, São Paulo, 2000, 447 pag..

LEITE, H. G. et al. Emprego de um modelo de programação dinâmica para conversão de troncos em multiprodutos da madeira. **Revista Árvore**, v. 19, n.4, p. 447-465, 1995.

LIMA, D. G. et al. Um modelo de suporte de decisão sobre multiprodutos de povoamentos de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 35-48, 1997.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita.** 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MACHADO, A. M; FILHO, A. F. **Dendrometria.** Curitiba: A. Figueiredo Filho, 2003. 309p.

MACHADO, C. C. O Setor Florestal Brasileiro. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita Florestal.** Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p.15-32.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal.** Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p.145-167.

MALINOVSKI, J. R., CAMARGO, C. M. S. A Eucaliptocultura no contexto brasileiro, **Revista Madeira**, Brasília, nº 59, Set., 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=11&subject=Eucaliptocultura&title=A%20Eucaliptocultura%20no%20Contexto%20Brasileiro>. Acesso em: 12 jun. 2010.

MAPA. **Cadeia Produtiva de Madeira**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007, 82 p.

MELLIDO, R. C. N. **Avaliação técnica e econômica de dois projetos florestais com eucalipto para fins energéticos**. 2012. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JUNIOR, J. B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**, Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2007, 369 pag.

MENDONÇA, A. R. et. al. Avaliação de um sistema para otimização do sortimento de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, v.18, n.2, p.247-258, 2008.

MÜLLER, I. **Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden., manejado em alto fuste, na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2004. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal, área de concentração: Manejo Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

PAVAN, J. A. et al. Viabilidade Econômica da Produção de Eucaliptos no Rio Grande do Sul. **ABCustos**, v. V, n.1, p. 1-32, 2010.

PIRES, L. M.; CALEGARIO, N. Ajuste de modelos estocásticos lineares e não lineares para descrição do perfil longitudinal de árvores. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 845-852, 2007.

R Development Core Team (2011) A language environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

RAPASSI, R. M. A. et. al. Cultura do eucalipto na região de Suzanópolis: análise econômica. **Informações Econômicas**, v. 38, n. 4, p. 8-13, 2008.

REZENDE, L. P. et. al. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no estado de Minas Gerais. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 221-231, 2006.

RODRIGUES, L. C. E. Tópicos de Economia Florestal. **Documentos Florestais**, Piracicaba (12), 1991, p. 39-49.

SALMERON, A. Mecanização da exploração florestal. **Circular Técnica 88**. Piracicaba: IPEF, 1980. 10 p.

SANTOS, F. R. **Caracterização dendrométrica e avaliação econômica de povoamentos de eucalipto para multiprodutos**. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

SÃO PAULO (Estado). **Projeto LUPA 2009/2010**: Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo: CATI/IEA/SAA, 2010. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

SCHNEIDER, P. R. et al. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 6, n. 1, p. 79-88, 1996.

SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2008. p. 231-260.

SILVA, C. B. et al. Avaliação ergonômica do feller-buncher utilizado na colheita de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.109-118, 2003.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A. Custos. In: MACHADO, C. C. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2008. p. 231-260.

SILVA, M. L.; JACOMINE, L. A. G.; VALVERDE, S.R. **Economia florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2ª ed., 178 p., 2005.

SILVA, M. S. da; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET). **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.

SIMÕES, D. et al. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com *harvester*. **Scientia Forestales**, v. 38, n. 88, p. 611-618, 2010.

SOARES, N. S. et al. Viabilidade da implantação de um contrato de comercialização futura da madeira de reflorestamento no Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 331-336, 2007.

SOARES, T. S. et al. Avaliação econômica de um povoamento de *Eucalyptus grandis* destinado a multiprodutos. **Revista Árvore**, v. 27, n.5, p. 689-694, 2003.

SOARES, T. S. et al. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 811-820, 2003.

SOARES, T. S. **Otimização do uso da madeira em povoamentos de eucalipto**. 2002. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SOUZA, C. A. M. et al. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 453-463, 2008.

SOUZA JUNIOR, J. O. **Análise econômica em plantios de pinus e eucalipto no planalto serrano catarinense**. 2012. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração: Economia e Política Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SOBRAPO, **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2013. Disponível em: <http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php>. Acesso em: 14 mar. 2013.

TESCH, F. J. **Inventário de multiprodutos da madeira em povoamentos equiâneos**. 1998. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

VALOR DATA. **Evolução das aplicações financeiras**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/valor-data/tabela/5810/evolucao-das-aplicacoes-financeiras>>. Acesso em: 16 abr. 2013.

VALVERDE, S. R. **Características do mercado da madeira de reflorestamento no Brasil**. Viçosa: Centro de Inteligência em Florestas, 2009. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_caracteristicas_brasil_4558.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2012.

WILCKEN, C. F. et al. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**, FEPAF, Botucatu, 2008, 25 pag..