

RAFAEL RODE

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL EM PROPRIEDADES RURAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R687p  
2014 Rode, Rafael, 1980-  
Planejamento da produção florestal em propriedades rurais /  
Rafael Rode. – Viçosa, MG, 2014.  
xi, 107f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Helio Garcia Leite.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Fomento florestal. 2. Propriedades rurais - Manejo.  
3. Regulação florestal. 4. Cooperativa florestal. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal.  
Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22. ed. 634.92

RAFAEL RODE

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL EM PROPRIEDADES RURAIS**

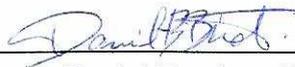
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

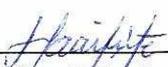
APROVADA: 16 de julho de 2014.

  
\_\_\_\_\_  
Agostinho Lopes de Souza

  
\_\_\_\_\_  
Márcio Leles Romarco de Oliveira

  
\_\_\_\_\_  
Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro  
(coorientador)

  
\_\_\_\_\_  
Daniel Henrique Breda Binoti

  
\_\_\_\_\_  
Helio Garcia Leite  
(orientador)

*“O nosso bem estará sempre a favor do que somos. E diante deste existir somos felizes sempre na procura em ajudar alguém, para que se possa ser feliz no que se faz e no que será bom para fazer alguém feliz”.*

Chiquinho da floresta

*À minha esposa*  
Lucia Gonçalves Moreira  
*e minha filha*  
Sofia Gonçalves Rode

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade da vida, aprendizado e crescimento moral e espiritual.

À Lucia e Sofia, a quem dedico este trabalho e, por tornarem minha vida mais feliz e muito rica. Obrigado minha filha, pelas horas que deixou o papai escrever a tese. Com você e a mamãe consegui todas as inspirações que precisava para lutar e vencer.

Aos meus pais Selivio e Inete, pelo amor, educação e apoio em minha trajetória acadêmica.

Ao meu irmão Vanderlei, pelo carinho e por todas as horas de filosóficas conversas.

Ao professor Helio Garcia Leite, pela valiosa orientação do trabalho, dedicação, apoio pessoal, amizade e exemplo de vida.

Ao professores coorientadores Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro e Márcio Lopes da Silva, pela atenção, paciência e sugestões fundamentais ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Márcio Leles Romarco de Oliveira, Agostinho Lopes da Silva e ao Dr. Daniel Henrique Breda Binoti, pela prontidão em participarem da banca e por contribuírem com correções e muitas sugestões que enriqueceram o presente trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade e apoio financeiro.

Ao professor Haroldo Nogueira pela atenção, incentivo, e principalmente amizade.

A todos os funcionários do DEF e da SIF, em especial Ritinha, Alexandre, Ângela, Nilson e Chiquinho da floresta.

A todos os amigos de Viçosa pelos bons momentos de companhia, em especial Alessandro, Paulo Márcio, Marco Antônio, Bianca, Zé Rui, Gardiego e Wagner.

E a todos aqueles com quem encontrei e que facilitaram minha jornada até aqui.

## **BIOGRAFIA**

RAFAEL RODE, filho de Selvio Rode e Inete Natalia Zanotelli Rode, nasceu em Medianeira, Paraná, em 01 de janeiro de 1980.

Em fevereiro de 2000, iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, graduando-se em 22 de abril de 2005.

Trabalhou como profissional autônomo até fevereiro de 2006, quando ingressou no curso de Pós-graduação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Obteve o título de Mestre em Engenharia Florestal em 29 de fevereiro de 2008.

Mudou-se para Viçosa, Minas Gerais, em agosto de 2008, onde trabalhou na empresa de consultoria e desenvolvimento de sistemas - Cientec, até ingressar no curso de Pós-graduação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em março de 2011. Teve uma filha em 26 de agosto de 2012 e obteve o título de Doutor em Ciência Florestal em 16 de julho de 2014.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>X</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>

### **CAPÍTULO I**

<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
1. INTRODUÇÃO AO PLANEJAMENTO .....	3
2. PLANEJAMENTO FLORESTAL .....	10
2.1. <i>Planejamento estratégico</i> .....	11
2.2. <i>Planejamento tático</i> .....	12
2.3. <i>Planejamento operacional</i> .....	13
2.4. <i>Estrutura de empresas florestais</i> .....	15
3. PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL .....	19
3.1. <i>Regulação da produção florestal</i> .....	19
3.2. <i>Otimização da produção florestal</i> .....	22
3.3. <i>Modelagem de cenários florestais</i> .....	27
4. PRODUÇÃO FLORESTAL EM PEQUENAS PROPRIEDADES.....	30
4.1. <i>Fomento florestal</i> .....	30
4.2. <i>Certificação florestal</i> .....	33
4.3. <i>Regulação e cooperação florestal</i> .....	34
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

### **CAPÍTULO II**

<b>ANÁLISE ECONÔMICA E REGIMES DE MANEJO EM PLANTIOS DE EUCALIPTO: UM ESTUDO DE CASO DE FOMENTO FLORESTAL NO BRASIL</b> .....	<b>44</b>
1. INTRODUÇÃO .....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
2.1. <i>Análise econômica</i> .....	49
2.2. <i>Avaliação de regimes de manejo</i> .....	52

2.3. <i>Análise discriminante</i> .....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	56
3.1. <i>Análise econômica</i> .....	56
3.2. <i>Regimes de manejo</i> .....	59
3.3. <i>Análise discriminante</i> .....	62
4. CONCLUSÕES .....	65
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

### **CAPÍTULO III**

#### **COMPARAÇÃO DA REGULAÇÃO FLORESTAL EM PROJETOS DE FOMENTO COM ÁREAS PRÓPRIAS DE EMPRESAS FLORESTAIS..... 69**

1. INTRODUÇÃO .....	70
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	76
3.1. <i>Modelo de programação individual (cenário a)</i> .....	76
3.2. <i>Modelo de programação único (cenário b)</i> .....	78
4. CONCLUSÕES .....	83
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

### **CAPÍTULO IV**

#### **REGULAÇÃO FLORESTAL COOPERATIVA PARA PEQUENAS PROPRIEDADES..... 86**

1. INTRODUÇÃO .....	87
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	90
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	95
4. CONCLUSÕES .....	104
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105

#### **CONCLUSÕES GERAIS ..... 107**

## RESUMO

RODE, Rafael, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Planejamento da produção florestal em propriedades rurais.** Orientador: Helio Garcia Leite. Coorientadores: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro e Márcio Lopes da Silva.

Os objetivos deste estudo foram avaliar economicamente regimes de manejo em propriedades rurais, com e sem a aplicação da regulação florestal, e desenvolver um modelo de programação linear para se obter uma distribuição de renda equilibrada entre os proprietários. As informações para o estudo são provenientes de 144 propriedades rurais com plantios de eucalipto em contrato de fomento e de inventários de talhões de áreas próprias de empresas florestais. Dados de custos, produção, preço e distâncias dos fomentos até as empresas foram obtidos de empresas florestais. Estes dados foram utilizados nos capítulos II e III da tese, onde foram estudados economicamente os fluxos de caixa dos produtores e das empresas para determinar a distância econômica e os regimes ótimos de manejo para contratos de fomento. Estudou-se também a regulação florestal com e sem a participação das áreas das empresas. Para o último capítulo (IV), um estudo de caso foi elaborado com 20 propriedades independentes para avaliação da regulação florestal, individual e conjuntamente. A análise econômica indicou aumento da rentabilidade dos proprietários, quando inscritos em programas de fomento, para distâncias de até 160 km em relação à empresa mais próxima. Foi observado que 15% dos fomentos estudados não apresentaram viabilidade econômica. Considerando-se um aumento de 10% no preço da madeira, apenas 1% dos fomentos seriam inviáveis. Para a regulação florestal das áreas, observou-se que o modelo de programação linear específico, aplicado individualmente para os fomentos, resultou em menor custo de regulação (8%) do que quando aplicado

um modelo envolvendo os fomentos e áreas das empresas (21%). Isto indicou que o fomento não trouxe vantagens para os produtores, necessitando de reavaliação dos custos e receitas para melhorar a atratividade desta forma de parceria. Na proposta de uma regulação cooperativa entre pequenas propriedades, o processo proporcionou uma redução de custo de regulação de aproximadamente 10%, quando comparado à regulação individual das propriedades. Esta proposta ainda teve como vantagem menor divisão das propriedades para atender à regulação.

## ABSTRACT

RODE, Rafael, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Forest planning production in rural properties.** Adviser: Helio Garcia Leite. Co-Advisers: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro e Marcio Lopes da Silva.

The aims of this study were to evaluate economic management regimes in rural properties with and without forest regulation and develop a linear programming model to achieve a balanced income distribution between the owners. The study information come from 144 farms with eucalypt plantations into forest outgrower schemes and stands inventory of own areas of forestry companies. Cost data, production, price and outgrower distances up to companies were acquire from forestry companies. These data were used in the thesis in chapters II and III, which the cash flows of the producers and the companies were studied to determine the economical distance and the optimal management regimes to the outgrower schemes. It was also studied the forest regulation with and without the participation of companies' areas. For the last chapter (IV), a case study was prepared with 20 independent properties to evaluation of individually and jointly forest regulation. The economic analysis indicated increased profitability of the owners when they entered into incentive programs for a distance up to 160 km to nearest company. It was observed that 15% of outgrowers in the study showed no economic viability. Considering an increase of 10% in wood price, only 1% of outgrowers would be unviable. For the forest areas regulation, it was observed that the specific linear programming model applied to outgrower individually, resulted in lower regulation cost (8%) than applying a model involving outgrowers and companies' areas (21%). This indicated that the outgrower did not bring benefits to producers, requiring reassessment of costs and revenues to improve the attractiveness of this partnership form. In the proposal for a cooperative regulation between

smallholdings, the process provided a regulation cost reduction in 10% when compared to the properties with individual regulation. This proposal also had the advantage of lower properties division to meet the regulation.

## INTRODUÇÃO

O planejamento florestal pode ser entendido como um processo integrado de decisões de manejo florestal em nível estratégico e formalizado em cronogramas de atividades em nível operacional. A aplicação do planejamento florestal seja em uma grande empresa ou em uma propriedade rural deve sugerir a melhor alternativa de manejo para a área florestal, baseado em critérios econômicos, ambientais e sociais.

A regulação é um método tradicional e muito conhecido do planejamento florestal por estar fortemente ligado ao conceito de produção sustentável. Apesar de algumas dificuldades, pode ser aplicado tanto em maior quanto em menor escala de produção. Em menor escala pode ser aplicado em uma única propriedade ou para um conjunto delas em determinada região, dependendo dos interesses de seus proprietários e da existência de mercados consumidores.

Os proprietários rurais podem estar vinculados a programas de fomento florestal de uma empresa base, a qual fornece todo o suporte necessário para o bom desenvolvimento do povoamento. Neste caso, o planejamento das propriedades pode ser vinculado às áreas próprias da empresa por meio da regulação, com intenção de aproveitar as melhores técnicas silviculturais aplicadas nas áreas da empresa e ainda, na tentativa de aumentar a renda do produtor.

Outra opção para proprietários é regulação conjunta, onde eles participam cooperativamente para obtenção de renda mais equilibrada. Esta forma de cooperação pode ser estudada e viabilizada com aplicação de uma certificação em grupo, disponível atualmente para um grupo de pequenos produtores que queiram certificar seus produtos e buscar um mercado independente e confiável.

Considerando tais questões, a tese foi estruturada em quatro capítulos. O capítulo I consiste de uma revisão bibliográfica sobre planejamento em escala

empresarial e de produção florestal. No planejamento empresarial é apresentada a hierarquia do planejamento nos níveis estratégico, tático e operacional. Na produção florestal, foram abordados os assuntos referentes à regulação florestal – primeiro método do planejamento da produção – as características e ferramentas para modelagem e otimização da produção florestal e a modelagem de cenários, envolvendo principalmente a simulação. Para finalizar este capítulo, seu último tópico se refere à produção florestal em pequenas propriedades. Nele são comentados o fomento florestal, a certificação em grupo e a regulação em pequenas propriedades.

No capítulo II é apresentado um estudo econômico em fomentos florestais com aplicação da otimização para determinar o melhor regime de manejo das propriedades. Ainda, é apresentada uma regra de classificação para determinar a melhor alternativa de manejo para contratos de fomento.

A regulação florestal é abordada de forma geral no capítulo III. Foram avaliadas propriedades em contrato de fomento florestal juntamente com o planejamento das áreas de empresas florestais em um modelo único de regulação e comparados com modelo sem regulação.

No capítulo IV é apresentado um estudo com regulação em pequenas propriedades. A regulação foi aplicada em diferentes situações: individualmente para cada propriedade, de forma conjunta, ou seja, envolvendo todas as áreas em um único modelo de regulação e, de forma cooperativa, na qual foi avaliada uma distribuição de renda mais equilibrada entre as propriedades.

## CAPÍTULO I

### REFERENCIAL TEÓRICO

#### 1. INTRODUÇÃO AO PLANEJAMENTO

A definição do termo “planejamento” pode ser encontrada em diferentes obras da literatura administrativa e do planejamento, cada autor com seu ponto de vista e abordagem de aplicação. As técnicas e ferramentas do planejamento evoluíram na história e no contexto de grandes empresas, principalmente devido ao sucesso e ao fracasso de muitas delas. Talvez, por esse motivo, ainda hoje parece não haver um consenso quanto à definição de planejamento. Mintzberg (2004), sustentado por vários outros autores e críticos do planejamento estratégico, apresenta definições que muitas vezes são dadas de forma indiscriminada. A seguir, foram resumidas algumas de suas considerações:

- 1) **Planejamento é pensar no futuro:** simplesmente levar o futuro em consideração. “Planejamento denota pensar no futuro” escreveu Bolan (1974). O problema dessa definição é que ela não pode ser limitada. Que atividade organizacional, seja de curto prazo ou reativa, não considera o futuro? Planejamento, não é informal, não é apenas o ato de pensar alguns minutos antes de realizar um trabalho. Se assim fosse, conclui que a palavra administração poderia ser utilizada no lugar de planejamento.
- 2) **Planejamento é controlar o futuro:** também citado como “planejamento é o projeto de um futuro desejado e de maneiras efetivas de realizá-lo” (ACKOFF, 1970), ou ainda “criar mudança controlada no

ambiente” (OZBEKHAN, 1969). No entanto, essa definição padece do mesmo problema de amplitude excessiva. Ao se associar planejamento com livre-arbítrio, ele se torna novamente sinônimo de usos populares da palavra administração e então perde o significado distintivo.

3) **Planejamento é tomada de decisão:** o termo planejamento tem sido usado praticamente como um sinônimo de tomada de decisão e gerenciamento de projeto. Supondo que decisão significa comprometimento com a ação, toda decisão considera o futuro por meio de uma promessa de agir, seja ela para comercializar um produto em dez anos ou despachá-lo em dez minutos. Assim, essa terceira definição se restringe a primeira e, como o comprometimento é um ato de livre-arbítrio, também à segunda.

4) **Planejamento é tomada de decisão integrada:** para Schwendiman (1973), é uma “estrutura de decisão integrada”. Esta definição mais limitada começa a considerar o planejamento como um processo. Trata das inter-relações entre as decisões em vez das decisões em si. Ainda assim, o planejamento como tomada de decisão integrada impõe uma condição particularmente rigorosa: que as decisões em questão venham em lotes — sejam de tempos em tempos integradas em um único processo, firmemente ligado, para que todas elas possam ser tomadas (ou pelo menos aprovadas) na mesma hora.

5) **Planejamento é um procedimento formal para produzir um resultado articulado, na forma de um sistema integrado de decisões:** nesta última definição, o autor Mintzberg (2004) inclui a chave para entender o planejamento – a formalização, e assim explica: “O que capta a ideia de planejamento é sua ênfase na formalização, a sistematização do fenômeno ao qual se pretende aplicar o planejamento”. Esta formalização está baseada em três elementos chaves: **(a) racionalização** – planos devem ser objetivos, factuais, lógicos e realistas ao máximo possível; **(b) decomposição** – passos articulados do processo de formulação, realizados em sequência, que produzirá estratégias integradas; **(c)**

**articulação** – o produto do planejamento, os planos em si, depois de terem sido cuidadosamente decompostos em estratégias e subestratégias, programas, orçamentos e objetivos, devem ser rotulados claramente — por palavras e, de preferência, números em folhas de papel.

Assim, planejamento para estar completo deve ser formalizado, de acordo com os três elementos (racionalização, decomposição e articulação), que envolve a elaboração de planos. Neste sentido, Fischman e Almeida (1991) definem *plano* como algo estático, que normalmente é formalizado em um documento, como por exemplo: plano estratégico do ano passado. Planejamento é um processo contínuo, não impedindo que dentro do processo de planejamento existam prazos e datas para realizar planos. Então, planejamento é um processo contínuo de elaboração e o plano é o produto ou resultado do planejamento.

Em qualquer atividade produtivo-econômica o planejamento é uma ferramenta bastante utilizada tanto em organizações públicas quanto privadas. Aquelas organizações de estrutura mais complexa exigem uma compartimentação ou divisão de trabalho por setores. Notoriamente, todas as atividades realizadas em cada setor exigirão um gerenciamento e uma central de controle onde todas as informações são reunidas e planejadas para serem executadas.

De acordo com Ackoff (1970) uma organização pode ter sua estrutura em três níveis: corporativo, divisão e de departamento. Os planejadores no nível de divisão recebem informações dos níveis acima (corporativo) para planejarem os níveis abaixo (departamentos). Muitas vezes oposto também é válido.

O planejamento em qualquer nível intermediário requer o entendimento de ambos os planejamentos, acima e abaixo deste, e ainda das outras unidades que estão no mesmo nível. Este último verifica se os planos das diferentes unidades do mesmo nível são compatíveis. Ainda, Ackoff (1970) ressalta que o planejamento em nível corporativo é geralmente mais estratégico do que o planejamento em qualquer nível organizacional abaixo deste.

Para Belchior (1978) e Valle et al. (2007) o planejamento faz parte de um processo de gerenciamento de projeto ou programa. De maneira simplificada, faz parte do ciclo: planejamento, execução e controle. Assim, após o planejamento, a execução das tarefas deve ser realizada de acordo com o plano, por meio da integração de pessoas e recursos materiais. O controle trata da conferência dos

resultados, comparando-se o previsto com o realizado, verificando os desvios e tomando-se as providências corretivas. Por fim, após a avaliação dos resultados, que de certa forma faz parte do controle, o ciclo é reiniciado, conforme ilustrado na Figura 1.

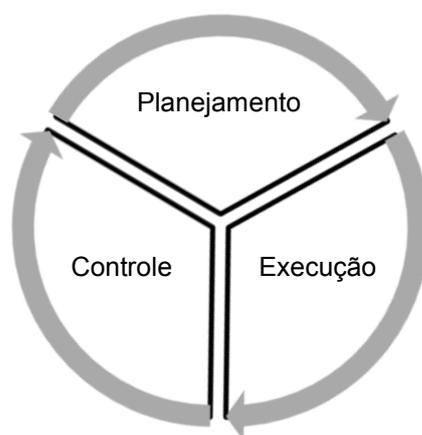


Figura 1 – Ciclo do processo de gerenciamento (Fontes: Ackoff, 1970 e Valle et al., 2007).

Este processo de gerenciamento se inicia no planejamento e se encerra no controle, podendo ou não ser retomado. O processo deve ficar em ciclo até que o planejado esteja o mais compatível com o realizado. No entanto, dependendo do orçamento, o projeto pode não ser replanejado, ou ainda, que um maior desvio entre o previsto e o realizado exige um novo planejamento, diferente do primeiro.

Na literatura administrativa, o planejamento é apresentado em níveis hierárquicos. Dentre estes estão o planejamento de longo prazo e o planejamento estratégico.

De acordo com Tavares (2005), o princípio dos anos 60 trouxe significativas modificações quanto à concepção anterior de planejamento (planejamento financeiro). Iniciou-se o planejamento de longo prazo, em que era necessário estimar o futuro a partir da projeção de indicadores atuais e passados. O planejamento a longo prazo baseava-se na crença de que *“o futuro pode ser melhorado por uma intervenção ativa no presente”* (ACKOFF, 1976 apud TAVARES, 2005).

O planejamento estratégico, inventado a menos de 10 anos após o planejamento de longo prazo, surgiu com a saturação e o declínio do crescimento

em várias empresas. As razões eram mal compreendidas na época, mas estava claro que planejar o futuro da empresa com base na extrapolação de tendências passadas, como acontece no planejamento de longo prazo, era perigoso e indesejável. No entanto, por ser um processo mais complexo e demorado que seu antecessor, a adoção do planejamento estratégico tem sido lenta, e somente dez anos após sua invenção é que começou a receber atenção generalizada e a ser adotado nas empresas (ANSOFF e McDONNELL, 1993).

Para Fischmann e Almeida (1991) o planejamento estratégico é uma técnica administrativa que, através da análise do ambiente de uma organização, cria a consciência das suas oportunidades e ameaça dos seus pontos fortes e fracos para o cumprimento da sua missão e, através desta consciência, estabelece o propósito de direção que a organização deverá seguir para aproveitar as oportunidades e evitar riscos. Em contraste com o planejamento de longo prazo, Valle et al. (2007) acrescentam: “*Deve-se sempre planejar não importando o tamanho da organização, pois o sucesso passado não garante o sucesso futuro*”.

A expressão longo prazo, na prática do planejamento, vai, aos poucos, cedendo espaço à expressão estratégico (TAVARES, 2005).

Mintzberg (2004) ressaltou que a literatura do planejamento diferencia as *estratégias realizadas* (também definidas como plano ou padrão) das *estratégias não realizadas*. Porém não reconhece o que o autor chama de *estratégias emergentes* – no qual um padrão realizado não foi expressamente pretendido. Assim, muitos resultados do projeto, podem não ter sido planejados, ou ainda, que não constavam no plano inicial, mas por ocasião das circunstâncias surgiram na execução do projeto e foram realizados. Uma adaptação do ciclo anterior (Figura 1) pode ser sugerida de acordo com a estratégia emergente colocada pelo autor, conforme Figura 2.

No controle do processo as estratégias realizadas podem ter sido executadas a partir das estratégias pretendidas e emergentes. No entanto, a estratégia pretendida pode não ser totalmente executada, o que ocasiona as estratégias não realizadas.

A decisão de executar ou não determinada estratégia cabe à gerência ou grupo de tomada de decisões. Em alguns casos de decisão a quantidade de informações requerida é mais do que se possa esperar. Neste caso a decisão pode ser colocada nas mãos de um grupo (ACKOFF, 1970).

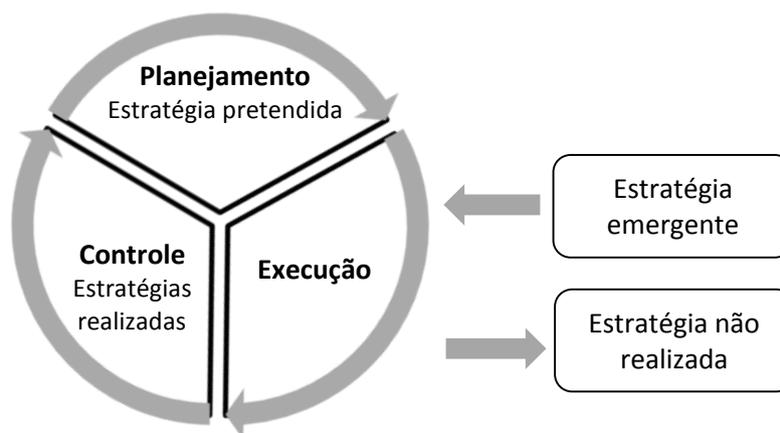


Figura 2 – Ciclo do processo de gerenciamento com as formas de estratégias (Fonte: adaptado de Valle et al., 2007 e Mintzberg, 2004).

Ackoff (1970) apresentou o ciclo de tomada de decisão com mesma concepção do ciclo de processo (Figura 2). O processo se inicia na fase de planejamento, com as estratégias pretendidas. A instrução é repassada à fase de execução como estratégias deliberadas (MINTZBERG et al., 2006). Aqui, novas informações chegam (estratégias emergentes) e novas decisões devem ser tomadas até que a fase de execução termine. Os resultados são então repassados à fase de controle, que avalia as decisões tomadas e as implementações realizadas. Nesta fase também surgem novas informações, que são ainda avaliadas e repassadas ao início do ciclo como recomendações de mudanças.

Outro aspecto importante do planejamento é a definição do horizonte de planejamento (HP). Para Fusco e Sacomano (2007) o HP é o horizonte de tempo futuro para quais as decisões devem ser tomadas, o que requer a elaboração de previsões de demandas. A seleção apropriada do HP depende de aspectos como o comportamento de mercados, o comportamento de fornecedores de matéria prima e a natureza das operações de produção. No caso da produção, deve-se considerar o aspecto sazonal de demandas. A época possível para fornecimento de matéria-prima é importante na seleção de um horizonte de planejamento. Não é possível a produção de determinada matéria prima antes que a safra esteja pronta para tal.

Segundo Rezende e Oliveira (2008) o tempo em que se pode correr risco de fazer previsões para o projeto depende das circunstâncias particulares de cada caso. Em projetos relacionados ao setor florestal, por exemplo, esse período do

futuro está ligado ao período de obtenção do produto e exaustão dos investimentos realizados. Por outro lado, em projetos onde a inovação tecnológica é bastante rápida, o HP deve ser mais curto, para que a empresa possa acompanhar essas mudanças.

Ainda, no setor florestal, horizontes com tempo que se estende por muitos anos são especialmente necessários quando se avalia a sustentabilidade de decisões alternativas. As ações florestais possuem efeito de longa duração tanto no meio econômico, ecológico e sociocultural (KANGAS e KANGAS, 2005).

## 2. PLANEJAMENTO FLORESTAL

Hosokawa e Mendes (1984) consideraram que o planejamento florestal poderá ser desmembrado em cinco esferas de atuação: na produção florestal, em escala empresarial, escala regional, integrado com outros setores da economia, e no setor florestal propriamente dito.

Em escala empresarial, o planejamento florestal é um processo que envolve grandes áreas florestais, muitas pessoas e muitas atividades em diferentes níveis. Questões importantes no planejamento incluem a sustentabilidade dos recursos florestais, bem como um fluxo constante de madeira ao longo do tempo (ANDERSON, 2005).

Cada atividade realizada tem um custo e um benefício associado aos objetivos do proprietário ou da empresa. A escolha do momento e o local das atividades é a tarefa principal do planejamento florestal (BETTINGER et al., 2009). No entanto, tal escolha frequentemente envolve mais de um tomador de decisão e ainda outros *stakeholders*. Estes podem ser proprietários florestais, habitantes locais, pessoas ligadas ao turismo e serviços de recreação, cidadãos ou políticos preocupados com a conservação da natureza, ou o pessoal da empresa florestal (KANGAS et al., 2008).

Para reduzir a complexidade dos objetivos, no planejamento florestal, as atividades costumam ser executadas em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional (WEINTRAUB e KOHN, 1986; DAVIS et al., 2001; BOYLAND, 2003; ANDERSON, 2005; KANGAS e KANGAS, 2005; BETTINGER et al., 2009).

De acordo com Mintzberg et al. (2006) na base de qualquer organização estão seus operadores, aquelas pessoas que desempenham o trabalho básico de fabricar produtos e prestar serviços. Elas formam o núcleo operacional. Todas as organizações, exceto as mais simples, exigem pelo menos um gerente em tempo

integral que ocupe o nível estratégico, de onde todo o sistema é supervisionado. E à medida que a organização cresce mais gerentes são necessários – não apenas gerentes de operações, mas também gerentes de gerentes. É criada uma linha intermediária (nível tático), uma hierarquia de autoridade entre o núcleo operacional e o ápice estratégico.

Neste contexto, Meal (1984) citado por Beaudoin et al. (2008), resumiu algumas das vantagens da abordagem do planejamento hierárquico: (i) isto reduz o problema da complexidade por separá-los em subproblemas e agregar dados em altos níveis de decisão; (ii) é de fácil entendimento pois fornece uma boa adequação organizacional; e (iii) reduz incertezas pois as decisões são adiadas no maior tempo possível.

## 2.1. Planejamento estratégico

No nível estratégico o planejamento possui menor grau de detalhamento, com horizonte de planejamento de longo prazo, e aplicado em larga escala de produção. Os planos estratégicos são projetados para ilustrar a trajetória da floresta ao longo do tempo, utilizando decisões que se destinam a levar a longo prazo os níveis de produção sustentáveis. Informações geográficas e de crescimento e produção são geralmente usadas para tratar dessas questões (BETTINGER et al., 2009).

O horizonte de tempo do planejamento estratégico é comumente determinado pela taxa de crescimento das árvores (ANDERSON, 2005). No entanto, não há uma consideração geral, e depende muito dos objetivos da floresta, podendo ultrapassar duas rotações silviculturais (CLUTTER et al, 1983).

Em geral, os níveis mais altos da hierarquia do planejamento florestal estabelecem as metas e definem os recursos disponíveis para serem implementados nos níveis abaixo. Os níveis abaixo implementam as metas e fornecem *feedback* sobre a viabilidade do curso de ação selecionado para os níveis mais elevados. As metas estabelecidas no nível estratégico envolvem previsões econômicas, ecológicas e consequências sociais de longo prazo (BOYLAND, 2003; BETTINGER et al., 2009). Isto significa lidar com objetivos

conflitantes em prol da sustentabilidade, uma vez que o atendimento de uma meta envolve ao mesmo tempo o impacto de outra.

A esse respeito, Detten (2011) argumenta que a sustentabilidade não é um termo “futuro-orientado”, mas sim um termo orientado pelo presente. Quanto mais complexa for a relação entre os diferentes subsistemas sociais, mais rápida for a mudança social das sociedades modernas, mais confusa for a situação atual e mais imprevisível for o futuro, mais difícil será a adequação das estratégias de longo prazo e as decisões sobre os desafios que as empresas terão de enfrentar. Mesmo com ferramentas adequadas para alcançar o objetivo sustentabilidade, seria necessário um conhecimento complexo para prever a dinâmica evolutiva de nosso ambiente natural e social.

A consciência da incerteza, do desconhecido e do foco na aprendizagem organizacional permanente, através de processos de *feedback*, no entanto, abre a perspectiva de um papel alternativo de percepção e autoconceito da sustentabilidade como guia para o planejamento estratégico. Além disso, fornecem margem e autonomia para uma experimentação mais dirigida com inovadoras abordagens de gestão (DETTEN, 2011).

## 2.2. Planejamento tático

Para Bettinger et al. (2009) o planejamento florestal tático leva em conta as relações espaciais entre as atividades de manejo. Estes são planos que utilizam uma base geográfica e informações de crescimento e produção para caracterizar a distribuição espacial e temporal das condições florestais e das atividades propostas. A maioria das empresas florestais desenvolvem planos de colheita de 1 a 3 anos que podem ser considerados planos táticos. Estes planos sugerem *onde* e *quando* implementar as atividades de manejo.

O tempo do planejamento tático depende das características e principalmente do clima onde a floresta se encontra. Para florestas de clima temperado, o horizonte de planejamento pode variar de 1 a 20 anos (BETTINGER et al., 2009 e KANGAS e KANGAS, 2005). No caso de eucalipto em clima tropical e subtropical, como no Brasil, a duração do planejamento não ultrapassa uma rotação, o que pode ser de 4 anos para rotações curtas de plantios adensados.

Para generalizar, o termo médio prazo é mais utilizado para identificar o tamanho do horizonte do planejamento tático (RODRIGUES, 2001).

Assim, o planejamento tático possui objetivos de médio prazo, com maior nível de detalhamento do que o planejamento estratégico. No Brasil, é comum as empresas utilizarem períodos de 1 ano no planejamento da produção florestal, pois é o período que são realizadas colheitas e atividades silviculturais. Apesar de relacionar todas as atividades silviculturais, o principal produto aqui é a agenda da colheita florestal, a qual apresenta as unidades de manejo que serão cortadas a cada ano. De acordo com Davis et al. (2001) as atividades do planejamento tático são implementadas no primeiro ou no segundo período do planejamento estratégico.

### 2.3. Planejamento operacional

O nível operacional é o mais baixo na hierarquia do planejamento, sendo executado para cada tarefa ou atividade, projetado para horizonte de planejamento de curto prazo e é destinado ao alcance das metas específicas (RODRIGUES, 2001). Um plano operacional detalha exatamente *como* as atividades serão realizadas.

Planos operacionais individuais são necessários para agendar a força de trabalho e máquinas para cada atividade programada no nível tático (BOYLAND, 2003). Isto pode envolver o orçamento diário, semanal ou mensal, ou pode envolver projetos específicos de logística. Assim como nos planos táticos, os planos operacionais também incluem informações espaciais explícitas (BETTINGER et al., 2009).

As atividades do plano operacional são consequências do planejamento tático e são executadas de acordo com a agenda de colheita florestal. No entanto, nem sempre essa ligação tático-operacional ocorre de forma orquestrada. Beaudoin et al. (2008) apontam duas razões para isto. A primeira se refere ao status da informação. Mais especificamente, quando o planejamento operacional ocorre, as informações necessárias para produzir um plano provavelmente diferem da informação disponível na condução do planejamento tático. A segunda razão está ligada à diferença de tempo de execução das atividades dos planejamentos

tático e operacional. O planejamento operacional ocorre várias vezes dentro de um período tático. Assim, o plano tático implementado no tempo de execução representa a concatenação de muitas partes do planejamento operacional. Isto se torna ainda complicado quando, por alguma razão adversa, uma atividade operacional prevista não foi implementada no seu tempo estipulado, causando atrasos nas operações subsequentes.

Diante do problema de compatibilizar os níveis tático e operacional, alguns trabalhos procuram aproximar estes dois níveis de planejamento, como Beaudoin et al. (2008) e Banhara et al. (2010).

Na Figura 3 são lustradas as interações e as diferenças de tempo das atividades desses dois níveis de planejamento.

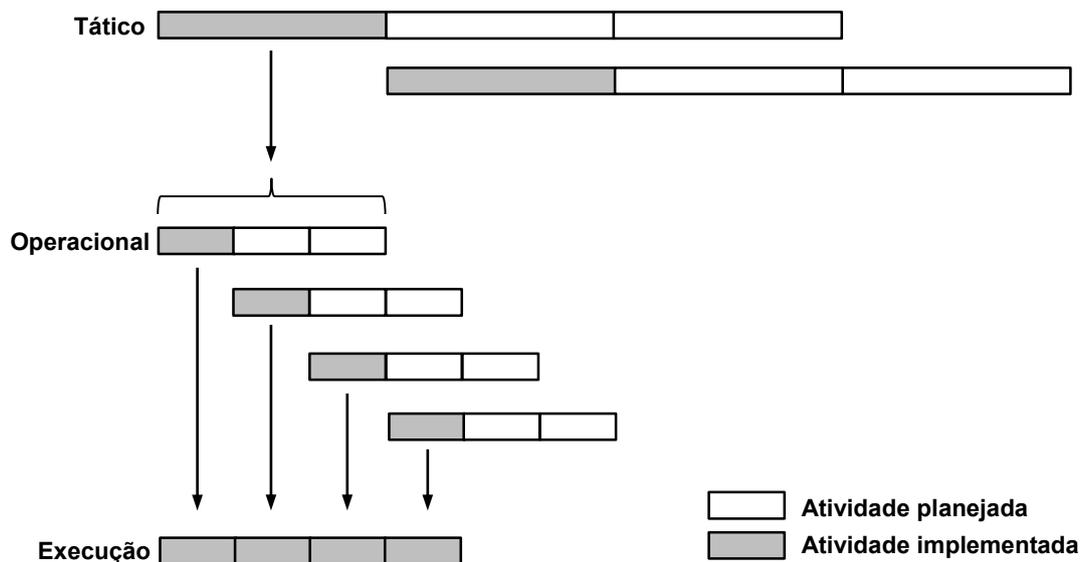


Figura 3 – Atividades planejadas e implementadas no horizonte de planejamento (Fonte: Beaudoin et al., 2008).

No planejamento operacional, ajustar o início e fim de uma atividade a outra é uma dificuldade que faz com que o planejamento tático tenha que ser constantemente replanejado. Pode-se dizer em geral que as empresas o fazem a cada ano. As dificuldades mais comumente encontradas são atrasos das atividades operacionais devido às condições meteorológicas, disponibilidade de mão-de-obra, manutenção de estradas, disponibilidade e manutenção de máquinas, disponibilidade de insumos etc. O replanejamento tático ainda pode ser ocasionado devido ao avanço de tecnologia, como a introdução de um novo clone,

mudanças e variações econômicas, como preços dos insumos, venda de produtos, taxas de juros, incertezas, riscos ao povoamento e ainda, mudanças de objetivos pelo planejamento estratégico, como aumento da demanda industrial.

#### 2.4. Estrutura de empresas florestais

Além da hierarquia do planejamento florestal apresentada, quando a organização se torna mais complexa, ela necessita de outro grupo de pessoas, chamadas de analistas. Eles também desempenham tarefas administrativas – planejar e controlar formalmente o trabalho dos outros – mas de natureza diferente, geralmente rotulada de “auxiliar”. Estes analistas formam o que Mintzberg et al. (2006) chamam de tecnoestrutura, fora da hierarquia alinhada de autoridade.

Na organização podem ser definidos três tipos de analistas, que correspondem às três formas de padronização: analistas do trabalho, responsáveis pela padronização dos processos de trabalho; analistas planejadores e de controle, que padronizam resultados ou saídas do trabalho (programadores da produção, planejadores de longo prazo, controle e outros) e analistas de pessoal, que padronizam habilidades, tais como treinadores e recrutadores (SEIFFERT e COSTA, 2007).

Nas empresas florestais o analista planejador é o engenheiro florestal com experiência no controle da produção, que utiliza ferramentas de pesquisa operacional na otimização da produção, identifica riscos e incertezas e auxilia o gerente florestal na tomada de decisão no planejamento tático. Em maiores escalas, uma equipe de analistas pode ser formada para facilitar o processo. Composto esta equipe, também estão os responsáveis pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG), que dá suporte com processamento e armazenamento de dados georeferenciados a toda tecnoestrutura.

De acordo com Mintzberg et al. (2006) a maioria das organizações também acrescenta unidades auxiliares de um tipo diferente, para fornecer vários serviços internos, desde copa ou sala de correspondência até serviços jurídicos ou relações públicas. Estas unidades são chamadas de equipe de apoio. Ainda, os autores apresentam uma última parte que compõe a estrutura da organização,

chamada de ideologia. A ideologia da empresa tem um sentido de “cultura” forte e engloba as tradições e crenças de uma organização que a diferenciam de outras organizações e infundem certa vida ao esqueleto da estrutura. Assim, têm-se seis partes básicas de uma organização, incluindo as indústrias de base florestal, conforme ilustrado na Figura 4,

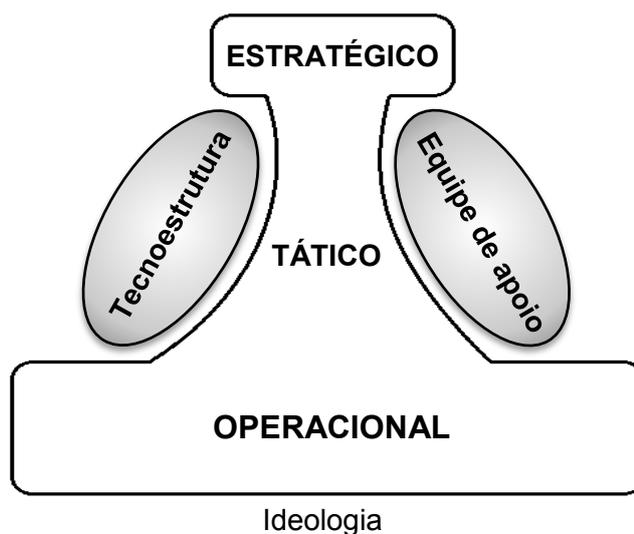


Figura 4 – As seis partes básicas da organização (Fonte: Mintzberg et al., 2006).

Os três níveis de planejamento estão conectados por meio de uma cadeia única de autoridade formal. No nível superior está o planejamento estratégico que se conecta ao grande núcleo operacional no nível inferior (planejamento operacional) por uma linha intermediária, ou seja, o planejamento tático. A tecnoestrutura e a equipe de apoio são mostradas nas laterais para indicar que estão separadas desta linha principal de autoridade, apenas influenciando indiretamente o nível operacional. A ideologia funciona como um tipo de halo que circunda todo o sistema (MINTZBERG et al., 2006).

A estrutura organizacional de uma empresa está direcionada para o seguimento que ela desenvolveu. O planejamento estratégico age para manter a empresa no seu seguimento de mercado, chamado de centro de gravidade ou força motriz (TREGOE e ZIMMERMAN, 1980 apud MINTZBERG et al., 2006).

No setor de celulose e papel é comum encontrar indústrias com diferentes centros de gravidade. São exemplos àquelas que utilizam toda a madeira que produzem, com possibilidades de compra quando necessita atender sua demanda,

e também às que consomem parte da produção e optam por vender o restante para outros mercados.

Neste setor de produção, todas as empresas começam com a extração da matéria prima que fornece madeira para o segundo estágio. O segundo estágio é um estágio de transformação da matéria prima em um produto padronizado (pasta de celulose). O estágio seguinte é a de fabricação de caixas de papelão, papel de escritório, etc., a partir desse material primário. Algumas indústrias exportam diretamente a celulose enquanto outras podem chegar a fabricação do papel destinado ao cliente (MINTZBERG et al., 2006).

Na Figura 5 são mostradas três empresas que atuam no setor de celulose e papel e operam a partir de diferentes centros de gravidade, conforme Mintzberg et al. (2006). A primeira é a Weyerhaeuser, cujo centro de gravidade é o estágio de terra e madeira do segmento. A Weyerhaeuser busca o uso que lhe dê retorno mais alto para a madeira. Ela fabrica pasta e rolos de papel, faz caixas e embalagens para leite, mas é uma empresa de madeira. Se o retorno for melhor em chapas de madeira, as usinas de pasta são alimentadas com pó de serras e aparas. A International Paper (o nome da empresa já diz tudo), por outro lado, é uma fabricante primária de papel. Ela também tem madeira, fábricas de caixas e trabalha com novos produtos na área de embalagem asséptica. Porém, se a usina de pasta ficasse sem madeira, o gerente da madeireira seria despedido. O estágio de matéria-prima deve fornecer para o estágio de fabricação, não buscar o retorno mais alto para sua madeireira. A Container Corporation é o exemplo de fabricante. Ela também tem madeireira e usinas de pasta, mas fornece as operações de fabricação de caixas (MINTZBERG et al., 2006).

Observar o centro de gravidade de uma empresa ajuda a compreender seu comportamento de mercado e a sustentabilidade do negócio. Uma empresa com centro de gravidade em celulose pode não estar preocupada em maximizar o retorno do investimento florestal. O que importa é que as áreas florestais estejam atendendo a fábrica. Naturalmente, em qualquer empreendimento sempre se procura reduzir custos e aumentar a produtividade em toda cadeia produtiva. No entanto, mesmo se houver baixo rendimento econômico florestal, a empresa de celulose continuará a produzir florestas, pois seu lucro maior é com a venda de celulose. Já o proprietário florestal, preocupa-se com a venda da madeira e

consequentemente seu interesse é vender para aquele uso ou finalidade de maior retorno direto.

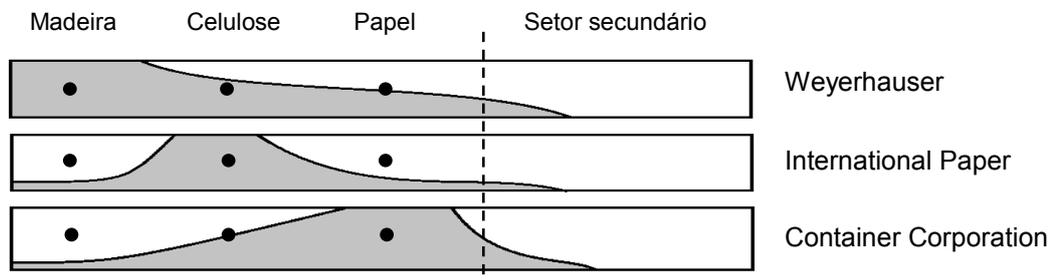


Figura 5 – Exemplo de três empresas de papel operando em diferentes centros de gravidade (Fonte: Adaptado Mintzberg et al., 2006).

### 3. PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

Os manejadores florestais defrontam-se com diversos tipos de problemas, como a quantificação de madeira para diferentes finalidades, atendimento de demandas periódicas para diferentes usos da madeira e clientes, quantificação de receitas e custos de empreendimento (análise de fluxos de caixa), planejamento da produção de forma sustentável, atendimento dos múltiplos objetivos conflitantes da floresta, geração e avaliação de alternativas de manejo, posicionamento estratégico na venda ou na aquisição de terras, simulação e avaliação de diferentes regimes de desbastes e outros. Além de identificar e descrever tais problemas, suas soluções envolvem a definição do horizonte de planejamento, coleta, processamento e armazenamento de dados e informações (RODRIGUES, 2001).

#### 3.1. Regulação da produção florestal

O método de planejamento mais antigo aplicado na produção florestal foi baseado no conceito de “*floresta totalmente regulada*”. Algumas citações sobre assunto referem-se, por exemplo, à fórmula Austríaca como o método de controle por volume mais antigo, publicada pela primeira vez em 1788 (SPEIDEL, 1972 apud KANGAS et al., 2008).

O conceito de floresta regulada refere-se originalmente ao termo “floresta normal”. No entanto, como muitas entidades podem ser qualificadas pelo termo “*normal*”, tais florestas existiam apenas em conceito. Uma floresta normal tradicional é um conjunto de talhões com mesma idade manejados sob uma rotação de  $R$  anos. A produção para estes talhões era dada a partir de uma tabela

de produção normal, logo todos os talhões assumem estar normalmente ou totalmente estocados (CLUTTER et al., 1983). Por conseguinte, uma floresta totalmente estocada possui talhões com densidade máxima de acordo com os objetivos do manejo, capacidade produtiva, espaçamento, idade e outras variáveis da floresta (LEUSCHNER, 1990).

O objetivo de uma floresta regulada está fortemente ligado ao conceito de produção sustentável. A Sociedade Americana de Engenheiros Florestais (1958) define produção sustentável como o manejo da propriedade florestal para produção contínua com objetivo de alcançar, no mais curto espaço de tempo possível, um balanço aproximando entre o crescimento líquido e a colheita, tanto por períodos anuais quanto um pouco mais longo (DAVIS, 1966). Matthews (1996) define produção sustentável como o suprimento regular e contínuo da demanda de bens e serviços dentro da capacidade da floresta, sem comprometer a capacidade e aptidão da área.

Para Davis (1966), os requerimentos essenciais de uma floresta totalmente regulada determinam que as classes de idade e tamanho das árvores sejam representadas em uma proporção tal e estejam consistentemente crescendo a taxas que conduzam a uma produção aproximadamente igual ou periódica de produtos de tamanho e qualidades desejáveis. Uma progressão de classes de tamanho e de idade deverá existir para que as árvores passíveis de corte e com volume aproximadamente iguais, estejam regularmente disponíveis para a colheita.

Davis (1966) citou alguns resultados desejados que possam ser obtidos de uma floresta regulada:

- Colheitas anuais com produções aproximadamente iguais em volume, tamanho, qualidade e valor da madeira para uma base estável no planejamento empresarial;
- Um aumento na colheita e na renda atual obtido a partir do estoque da floresta em crescimento, não maior que o necessário. O estoque em crescimento representa investimento de capital em que a taxa máxima de retorno é desejada;
- Para um proprietário particular é muito importante obter um equilíbrio aproximado entre as receitas e despesas anuais. Impostos sobre terra, capital e outros custos, são anualmente pagos; com a regulação, o

controle financeiro é facilitado, promovendo-se equilíbrio entre despesas e receitas;

- Máxima proteção contra fogo, insetos, doenças e outros perigos é mantida, pois o povoamento está em pleno crescimento, vigor e usualmente bem distribuído em tamanho e idade sobre a área. Esta é uma razão florestal de muita importância econômica;
- Máxima oportunidade para correlação com outros usos para terras florestais – recreação, vida selvagem, proteção das fontes de água, forragem, entre outros – sobre uma base estável planejada;
- Uma colheita regular garante o uso contínuo de trabalho. Uma empresa florestal eficiente não pode ser mantida com muita variação anual de mão-de-obra.

Dois métodos clássicos são citados como principais envolvidos no processo de regulação florestal: controle por área e controle por volume (LEUSCHNER, 1990).

Basicamente, no controle por área, se uma quantia fixa de área  $A/R$  é cortada anualmente, a floresta estará totalmente regulada após  $R$  anos. Nesse método não há garantia de que o volume colhido seja o mesmo a cada corte, devido a variações de sítio, clima, genética das espécies e, principalmente, às idades atuais dos diversos talhões.

No controle por volume o corte é realizado de acordo com a produtividade da floresta. Assim, o volume de corte anual permitido é determinado pelo produto da área total da floresta e o incremento médio anual (IMAR) na idade de rotação (CLUTTER et al., 1983). Este método assume uma mesma capacidade produtiva, porém é possível utilizar diferentes rotações e classes de produtividade (KANGAS et al., 2008). Neste caso, a convergência para a situação de regulação é assintótica, podendo ser postergada indefinidamente.

Estes métodos clássicos de regulação possuem críticas que conforme destacado por Rodrigues (1997), referem-se principalmente ao conceito de distribuição normal, de pouca pertinência em condições reais. As técnicas ignoram, em sua essência, considerações econômicas e não permitem uma seleção flexível das unidades de manejo pelo manejador.

De acordo com Leuschner (1990), a abordagem tradicional tende a ignorar o período de transição. O período de transição é o período de tempo necessário para transformar uma floresta existente para uma floresta regulada. São raras as florestas existentes que possuem uma estrutura regulada e muitas delas nunca passaram do período de transição. Segundo esse autor, existem várias razões para isso. Primeiro, a distribuição de classes de idade e estoque frequentemente refletem os cortes passados e as práticas de regeneração que provavelmente não têm sido destinados a obter uma floresta regulada.

Outro pressuposto seria estruturar uma floresta com vistas à regulação a partir da aquisição de terra nua. Nesse caso, o plantio ocorreria a cada período, na porção A/R de área, ficando ociosas as demais porções de terra, aguardando sua época de plantio. Para tal situação, alguns trabalhos apresentam alternativas para aproveitamento e redução da área ociosa com uso de culturas de menor rotação (BRUM NETO, 2001) e, ainda, para se reduzir o tempo de regulação (MIRANDA, 2003).

Como já mencionado, a regulação florestal está ligada à produção sustentável. Em pequenas propriedades, cuja renda é obtida não somente pela produção florestal, as técnicas clássicas de regulação podem ser empregadas. No entanto, em empresas florestais, existe a dificuldade de se obter uma produção contínua e equilibrada ao longo dos períodos de planejamento, devido principalmente a extensas áreas de florestas a serem manejadas.

Assim, os profissionais ligados à tecnoestrutura da empresa estão constantemente planejando o atendimento da demanda volumétrica para a fábrica, evitando escassez da produção florestal no longo prazo. Para esse planejamento, utilizam-se técnicas de programação matemática para otimização e equilíbrio da produção, e ainda, a simulação de cenários condizentes com a realidade econômica do investimento florestal e eventuais mudanças de estratégia pela indústria.

### 3.2. Otimização da produção florestal

Segundo Clutter et al. (1983), o real papel do manejador é gerenciar, de modo inteligente, as estruturas florestais não estáveis ou não balanceadas.

Problemas de colheita sempre levam à necessidade de maximizar o retorno financeiro ou minimizar o custo e atendimento de certas restrições que influenciam nas decisões, levando à necessidade de uso de técnicas de análises mais sofisticadas, como os modelos de Pesquisa Operacional (PO).

Surgida durante a Segunda Guerra Mundial, a PO tomou grande impulso na década de 50 com o surgimento dos computadores de maior desempenho. Aplicada inicialmente na área militar, foi difundida para o setor industrial e governamental e a seguir para a agropecuária (HILLER e LIEBERMAN, 2001). Atualmente podem-se encontrar aplicações da PO em quase todas as áreas da atividade humana.

Segundo Paula Júnior (1998), PO é o nome dado a um conjunto de modelos e algoritmos destinados a determinar o melhor curso das ações que visam garantir o funcionamento ótimo de sistemas sob restrições de recursos escassos. As aplicações da PO envolvem pelos menos dois aspectos: construir descrições ou modelos matemáticos, econômicos e estatísticos de problemas de decisão para tratar situações de complexidade e incerteza, e analisar as relações que determinam as consequências futuras prováveis de alternativas adotando medidas apropriadas de eficácia de modo a calcular o mérito relativo de cada uma dessas ações (WAGNER, 1986). Existem diferentes técnicas de PO, das quais a programação linear (PL) e programação inteira (PI) são as mais utilizadas no tratamento de problemas de manejo florestal, em especial, da regulação da produção.

De acordo com Leite (1994), até 1994 os métodos de Pesquisa Operacional utilizados com maior frequência em manejo florestal eram: Programação Linear (PL), Programação Inteira (PI), Programação Não-Linear (PNL), Programação Dinâmica (PD) e Programação por Metas, formando a Programação Matemática, e, ainda, a Simulação e as Redes PERT-CPM. Atualmente, além destes métodos de PO, têm sido empregadas metaheurísticas e técnicas de inteligência computacional, também inseridas no contexto da pesquisa operacional.

Para análise de problemas envolvendo a regulação florestal, a determinação do horizonte de planejamento é essencial. Clutter et al. (1983) sugeriram que este valor corresponda a 1,5 a 2,0 vezes o comprimento do ciclo de corte da floresta que está sendo manejada, sugerindo ainda que o horizonte seja

dividido em períodos de corte, que variam segundo a espécie e o objetivo de manejo.

Rezende e Oliveira (2008) apresentam o conceito de horizonte de planejamento como o período de tempo estimado durante o qual o empreendimento em análise será operado, podendo ser finito ou infinito. De acordo com os autores, não existe uma regra para determinação do horizonte de planejamento; no entanto, deve-se observar que, quanto maior o horizonte considerado, maiores são as possibilidades de os planos feitos para o futuro serem frustrados por fatores como mudanças nas condições econômicas, aparecimento de produtos concorrentes, alteração de custos, preferência dos consumidores e mudanças tecnológicas. No entanto, adotando um horizonte muito curto, corre-se o risco de não se levar em consideração acontecimentos importantes que podem ocorrer após o período adotado para planejamento.

De acordo com Rodriguez et al. (1997), a idade de corte de um talhão representa uma das principais variáveis de decisão em planos de manejo florestal. A definição da duração de uma rotação pode requerer uma análise independente por talhão ou estar vinculada à produção simultânea de todos os talhões da floresta. O segundo caso resulta geralmente em uma complexa tarefa e envolve o processamento de um enorme volume de informações.

Ainda segundo esse autor, em sistemas de planejamento agregado, em que são definidas as épocas de intervenção no povoamento, as decisões de quando, como e quais talhões serão cortados, são tomadas com base em horizontes de planejamento mais longos e na composição, disponibilidade, e outras características da base florestal responsável pelo abastecimento global do empreendimento. Modernos sistemas de planejamento no nível florestal têm tornado ultrapassadas análises por talhão, como a determinação da idade ótima de corte e do momento ótimo de reforma. Os sistemas em nível de floresta são normalmente aplicados em povoamentos vinculados ao abastecimento de grandes empreendimentos florestais e baseados em técnicas matemáticas e modernos recursos computacionais. São inúmeros os trabalhos que abordam a questão do planejamento em nível de floresta. Clutter et al. (1983), Dykstra (1984), Davis e Johnson (1987), Leuschner (1990), Buongiorno e Gilless (2003) e Bettinger et al. (2009) são alguns dos mais conhecidos livros texto sobre o assunto.

Johnson e Scheurman (1977) citados por Clutter et al. (1983), classificaram as várias abordagens da programação linear para agendamento da colheita em dois tipos básicos, conhecidos como Modelo I e Modelo II.

A estrutura do modelo I foi descrita por Curtis (1962), Loucks (1964) e Kidd et al. (1966), citados por Dykstra (1984) e Buongiorno e Gilless (2003). Nessa formulação, a variável de decisão  $X_{ij}$  representa a fração da unidade de manejo  $i$  que deverá ser assinalada à prescrição  $j$ . O fundamento básico dessa formulação é que, inicialmente, a floresta é subdividida em unidades de manejo de acordo com um critério preestabelecido de classificação, sendo posteriormente prescrito um elenco predeterminado de alternativas para cada unidade de manejo. As prescrições representam sequências preestabelecidas de ações que ocorrerão ao longo do horizonte de planejamento. As prescrições podem referir, por exemplo, às idades de colheita de uma área, seguida de regeneração. Uma vez que uma dada fração de área seja assinalada a uma dada prescrição de manejo, ela continuará sob tal prescrição durante todo o horizonte de planejamento, ou seja, a identidade física daquela fração da unidade de manejo se mantém em todo o horizonte de planejamento. O horizonte de planejamento é subdividido em períodos e as ações ocorrem no início dos mesmos (DYKSTRA, 1984; BUONGIORNO e GILLESS, 2003; RIBEIRO, 2007).

A formulação designada de Modelo II por Johnson e Scheurman (1977), permite que unidades de manejo distintas colhidas e regeneradas em um mesmo período do horizonte de planejamento sejam reagrupadas em novas unidades de manejo (RIBEIRO, 2007). Essa regra de alocação quase sempre resulta na geração de menor número de alternativas de manejo para um mesmo problema, resultando, todavia, em perdas de identidades das unidades de manejo (RODRIGUES et al., 2006).

Segundo Davis e Johnson (1987), a abordagem da regulação florestal via Modelo II permite uma maior flexibilidade na identificação da sequência ótima de cortes, resultando em maior flexibilidade na definição de novas unidades de manejo. Diferenças básicas entre os modelos I e II podem ser encontradas em Dykstra (1984).

Conforme indicam Rodrigues et al. (2006), a modelagem e solução de problemas de planejamento florestal via modelo I, utilizando a programação linear, ainda tem sido muito mais utilizada em comparação ao modelo II. No entanto, uma

das principais críticas encontradas no uso da programação linear para o modelo I, refere-se ao problema de divisão das unidades de manejo, em que duas ou mais prescrições de manejo podem ser assinaladas a uma mesma unidade de manejo (SILVA, 2001). Assim, diferentes atividades operacionais seriam realizadas nos talhões e em períodos diferentes. Para contornar esse problema, a programação inteira (PI) e a programação inteira mista (PIM) têm sido utilizadas com resultados satisfatórios. Basicamente, na PI as variáveis de decisão são binárias. Isto faz com que o modelo assinale apenas uma prescrição por unidade de manejo, evitando divisão em subunidades (retalhonamento).

Devido às diferenças no algoritmo de busca pela solução ótima, a programação inteira possui um custo computacional substancialmente maior quando comparado à programação linear, implicando maior tempo de processamento, além de ocasionar redução no valor da solução ótima.

Na modelagem de problemas da produção florestal, a estrutura de um modelo pode ser muito grande. O tamanho dessa estrutura, em geral, é diretamente proporcional a três fatores: (i) ao número de unidades de manejo, (ii) ao tamanho do horizonte de planejamento e, (iii) aos diferentes regimes de manejo empregados.

Quando a estrutura de um modelo atinge dimensões consideráveis, a otimização fica comprometida com uso da programação matemática, principalmente quando se utiliza a programação inteira. Nesses casos, pode ser feita uma divisão da estrutura em modelos menores, ou ainda, empregar as técnicas meta-heurísticas, que utilizam algoritmos de menor custo computacional. No entanto, as principais limitações das meta-heurísticas são o tempo necessário para o desenvolvimento, aplicação para um problema específico de planejamento e a incapacidade de garantir a solução ótima (BETTINGER et al., 2009). Apesar disto, a maioria dos trabalhos com meta-heurísticas na área florestal, como algoritmos genéticos e *simulated annealing*, indica que os resultados são satisfatórios (RODRIGUES, 2001; GOMIDE, 2009; BARROS JUNIOR, 2010; BINOTI, 2010).

Na preparação do modelo matemático para otimização, são definidos a função objetivo e restrições referentes à implantação dos projetos. A formulação da função objetivo (FO) envolve uma variável de interesse  $Z$ , no sentido de maximizá-la (max) ou minimizá-la (min). Quando a função é de maximizar,

geralmente na área florestal são empregados indicadores econômicos como o Valor Presente Líquido (VPL), o Benefício Periódico Equivalente (BPE) e o Valor Anual Equivalente (VAE).

Quando os projetos apresentam diferentes durações, recomenda-se a utilização de indicadores econômicos que considerem tal característica, de modo que possam ser comparados. Os exemplos nesse caso são o Valor Presente Líquido Infinito ( $VPL_{\infty}$ ), Valor Esperado da Terra (VET) e o Valor Anual Equivalente (VAE) (SILVA e FONTES, 2005; REZENDE e OLIVEIRA, 2008).

Nas restrições do modelo de programação, as mais comuns são aquelas referente ao limite de área dos talhões e ao volume anualmente permitido para corte. Outras restrições também podem estar envolvidas, como disponibilidade de mão-de-obra, orçamento e custos operacionais. Restrições ambientais também são utilizadas, podendo-se citar modelos com restrições de adjacência (CASTRO, 2007; GOMIDE, 2009, BINOTI, 2010) e, ainda, visando à manutenção de estoque de carbono no povoamento (BALTEIRO e ROMERO, 2003; MELLO et al., 2005). Restrições com critérios sociais que contribuam para o desenvolvimento regional também podem ser importantes incluídas nos modelos, conforme abordado por Monte (2012).

### 3.3. Modelagem de cenários florestais

O objetivo da modelagem de cenários florestais é avaliar as múltiplas opções de manejo e responder quais questões estão relacionadas aos rumos do desenvolvimento de uma floresta. O planejamento de cenários pode reduzir as incertezas nos resultados do manejo florestal, através de uma antecipação sistemática do futuro, reduzindo assim a probabilidade de eventos inesperados (GADOW, 2000).

Cenários florestais podem ser criados a partir de fatores econômicos, como variações nas taxas de juros e nos preços de produtos. Estas variações podem ser criadas aleatoriamente ou por conhecimento prévio de seus valores e analisadas por meio de análise de sensibilidade. Outros fatores envolvidos na modelagem incluem incertezas e riscos inerentes ao povoamento florestal, como o aumento de risco por incêndios, seca, incidência de pragas e doenças. Assim,

cenários florestais podem ser criados com base numa distribuição de probabilidade, por um processo de simulação.

De acordo com Shimizu (1994) apud Silva (2001), simulação é um processo de imitar uma realidade por meio de modelos, os quais podem conservar ou não as características físicas e lógicas do sistema imitado. Exemplos de simulação que conservam as características físicas são modelos miniaturizados, como maquetes de edifícios, brinquedos e aparelhos de treinamento, como simuladores de voo.

Essa técnica envolve a utilização de um computador para imitar (simular) a operação de um processo inteiro ou sistema. Por exemplo, a simulação é frequentemente usada para executar análise de risco em processos financeiros, repetidamente imitando a evolução das transações envolvidas para gerar um perfil dos possíveis resultados. Simulação também é amplamente utilizada para analisar sistemas estocásticos que irá continuar a operar por tempo indeterminado. Para tais sistemas, o computador gera aleatoriamente e registra as ocorrências dos vários eventos que impulsionam o sistema como se ele estivesse fisicamente operando. Devido à sua velocidade, o computador pode simular até mesmo anos de funcionamento em questão de segundos. O desempenho da operação simulada do sistema é gravado para uma série de desenhos alternativos ou procedimentos operacionais, que em seguida, permite avaliar e comparar estas alternativas antes de escolher uma (HILLIER e LIEBERMAN, 2001).

Um dos fatores que podem influenciar decisivamente a tomada de decisão em processos de planejamento é a incerteza. Considerando que a maior parte das decisões a serem tomadas no processo de planejamento, principalmente no que diz respeito à seleção de alternativas viáveis a serem seguidas, se baseia em algum tipo de previsão, isto por si só insere algum tipo de incerteza no processo. Como exemplo, no setor florestal, podem-se citar previsões da produção, preços de mercado de produtos e insumos, taxa de juros, entre outros. As incertezas são agravadas por ciclos de produção geralmente muito longos, ressaltando, assim, a importância em considerá-las (SILVA, 2001).

De acordo com Gadow (2000) risco tem sido definido como a perda esperada devido a um determinado perigo para uma dada área e período de referência. Assim, risco não é o mesmo que incerteza. A incerteza apresenta um risco se o resultado da incerteza é uma perda esperada.

Buongiorno e Gilles (2003) comentam quem muitas vezes os métodos de otimização como a programação linear, programação por metas e a programação inteira, possuem limitações e estes métodos forçam o programador a construir um modelo que se encaixe numa forma específica. Como exemplo, citam a programação linear, que necessita que a função objetivo e todas as restrições estejam na forma linear.

A simulação permite muito mais flexibilidade. Qualquer fenômeno que possa ser representado por relações matemáticas, pode ser tratado por simulação. Mas em contraste com modelos de programação, não existe um algoritmo, como o *simplex*, para identificar a solução ótima. Em um experimento de simulação, o que pode ser feito é observar as consequências de um conjunto de ações específicas, correspondente à estratégia de manejo. Pelo fato de permitir trazer o mundo real para o laboratório para estudos intensivos, a simulação tem se tornado uma ferramenta versátil e poderosa em problemas de planejamento florestal (BUONGIORNO e GILLES, 2003).

## 4. PRODUÇÃO FLORESTAL EM PEQUENAS PROPRIEDADES

### 4.1. Fomento florestal

O fomento florestal teve início no Brasil em 1958, em Minas Gerais, com o Projeto de Reflorestamento para Produtores Rurais (NEVES, 1994 apud FERRETI et al, 2001). Ainda que o período de incentivos fiscais tenha se encerrado na década de 80, o fomento florestal somente ganhou força na ampliação da produção de grandes empresas. Contudo, estes programas aparecem com maior incidência a partir de 2000 (BASSO, 2011).

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) a área total de fomentos, com base nas empresas associadas, quase que dobrou de 2005 para 2008, passando de 258 mil ha para 443 mil ha. No entanto, após a crise de 2008, este número se manteve e recentemente diminuiu para 420 mil ha em 2012 (ABRAF, 2013).

Assim, destaca-se a crescente importância dos pequenos produtores na atividade florestal, e a subsequente importância de políticas públicas e estratégias empresariais, para o desenvolvimento da mesma. Os reflorestamentos nas pequenas e médias propriedades rurais, advindos ou não de programas de fomento, apresentam maior probabilidade de sustentabilidade, na medida em que geram benefícios sociais mais amplos e mitigam impactos ambientais, em comparação com povoamentos em extensas áreas das grandes empresas florestais (OLIVEIRA, 2003).

O fomento florestal é um instrumento estratégico que promove a integração dos produtores rurais à cadeia produtiva e lhes proporciona vantagens econômicas, sociais e ambientais (CANTO et al., 2007). Como atividade complementar na propriedade rural, viabiliza o aproveitamento de áreas

degradadas, improdutivas, subutilizadas e inadequadas à agropecuária, propiciando alternativa adicional de renda ao produtor rural (SIQUEIRA et al., 2004).

Basso et al. (2012) comparam diferentes programas de fomento e sistemas de integração rural existentes no Brasil, citando como os principais os das indústrias de fumicultura, suinocultura, avicultura e os de base florestal. Verificaram que estes programas trouxeram vantagens e benefícios aos produtores, principalmente, aquelas relacionadas à melhoria de qualidade da produção, devido às especificações e exigências técnicas. Concluíram que, além da especialização técnica, esses programas trazem benefícios à sociedade, uma vez que há a tendência cada vez maior dos contratos exigirem o atendimento aos requisitos legais e outras questões relacionadas aos aspectos socioambientais.

O programa de fomento florestal tem contribuído para o desenvolvimento de outras atividades na propriedade, em razão dos investimentos feitos a partir das receitas advindas da floresta fomentada e do valor dado pelos produtores rurais à silvicultura. Segundo Oliveira et al. (2006), parte deles informam ser atualmente a silvicultura com eucalipto a atividade principal ou secundária na propriedade.

Rezende et al. (2008) destacou que a atividade florestal atua diretamente na elevação do IDH via aumento na renda do produtor rural, componente que mais contribui para o desenvolvimento social de uma região. Assim, o fomento florestal pode atuar positivamente para melhorar o IDH da região.

Silva (2007) apud Souza et al. (2009), apontou a existência de duas modalidades de contratos de fomento florestal. A primeira é chamada de contrato de fomento comercial, que se caracteriza pelo fornecimento dos insumos e mão-de-obra por parte da empresa fomentadora. O monitoramento do plantio é realizado pela empresa fomentadora até o fim do segundo ano da floresta. A partir desse ponto, a condução da atividade (combate a pragas e proteção) é de responsabilidade do fomentado. Esses custos com mão-de-obra e monitoramento são calculados em volume de madeira e descontados na ocasião da comercialização com a indústria fomentadora.

A segunda modalidade é o contrato de fomento convencional. Nesse tipo de contrato, a empresa fomentadora fornece os insumos necessários para o plantio (adubos, formicidas e mudas clonais), e a contratação da mão-de-obra fica a cargo do fomentado. Nesse modelo de contrato, a empresa fomentadora

antecipa ao produtor uma quantia monetária referente à área a ser plantada para custear o plantio, sendo esse valor capitalizado e descontado na ocasião da entrega da madeira. A exigência dos dois tipos de contratos é que o produtor se comprometa a entregar 90% ou mais da produção para a empresa e, dessa forma, no contrato convencional, os custos referentes aos insumos são bonificados. Para os produtores rurais, o fomento viabiliza o início de uma nova atividade econômica sem a necessidade de um desembolso de capital inicial, que é benéfico devido à limitação de capital por parte dos produtores. Pelo lado das empresas, o fomento constitui-se numa forma de se integrar verticalmente sem realizar elevados investimentos na aquisição de terras e a custos menores.

A aceitação de contratos de fomento por parte dos proprietários depende, em muitos casos, da assistência técnica dada pela empresa fomentadora. Rochadelli et al. (2008) aponta que os produtores com menores áreas apresentam menor acesso à assistência técnica e são os que mais pretendem continuar na atividade florestal, via fomento.

Há muitas dúvidas e questionamentos quanto aos contratos e modalidades do fomento, como esclarecimento do sistema de medições do volume de madeira e melhores preços praticados, principalmente quando o fomentado é obrigado a entregar a madeira no pátio da empresa, o que ocasiona alto custo de transporte (CANTO et al., 2007; SILVA et al., 2009; SOUZA et al., 2009).

A explicação da desconfiança dos contratos de fomento pelos proprietários pode estar ligada aos diferentes objetivos individuais, por consequência dos diferentes centros de gravidade do produtor e da empresa. Davis (1966) apontava que o interesse geral dos proprietários estava focado nos produtos de retorno econômico direto. A indústria de base florestal não somente está interessada no crescimento, venda e compra de madeira, mas no processamento e comercialização de seus produtos competitivos.

Outro aspecto do fomento florestal é a disponibilidade de recursos aos proprietários. Alguns contratos de fomento permitem uma porcentagem monetária para resgate antes da maturação do povoamento. A empresa disponibiliza a cada período um pagamento antecipado, que será descontado na entrega da madeira. Em muitos casos o proprietário não tem controle de seus gastos particulares, e acabam por “pressionar” a empresa a disponibilizar recursos além do firmado em contrato.

De acordo com Basso et al. (2012), produtores agropecuários têm mais de uma produção por ano, enquanto que no fomento florestal são necessários 5, 6 ou 7 anos para a entrega do produto final às indústrias de processamento. Isso aumenta os riscos de descumprimento dos contratos de ambos os lados, sendo esta uma das dificuldades na expansão do fomento florestal.

Diante disso, observa-se que culturalmente proprietários rurais não estão acostumados para cultivos de longa rotação, ficando sua aceitação mais dependente de assistências e de alguma forma de remuneração anual. Esta remuneração poderia ser, por exemplo, por meio de pagamento pelo crescimento anual da floresta ou por meio de cooperativas florestais para disponibilização e comercialização de produtos de maior valor.

#### 4.2. Certificação florestal

A certificação florestal é um processo que permite a rastreabilidade da origem de um produto, desde a floresta certificada até o consumidor final. Para o consumidor, o selo de certificação em um produto é uma garantia que este é proveniente de uma floresta ou plantação florestal manejada de acordo com critérios ambientais e sociais (NARDELLI, 2001).

O principal sistema de certificação florestal é o FSC (*Forest Stewardship Council*), mundialmente conhecido. No Brasil, outro programa muito conhecido é o Cerflor (Programa Brasileiro de Certificação Florestal).

De acordo com Nussbaum (2003), foi verificado que o processo de certificação voltado para empresas florestais não facilitava a inclusão de pequenos proprietários, principalmente em relação a informações e custos. Para viabilizar a certificação desses pequenos produtores florestais, os sistemas de certificação incluíram regras para permitir a certificação em grupo, com objetivo de simplificar e diminuir custos do processo de certificação.

Entende-se que a certificação em grupo pode incentivar um sistema de produção mais sustentável e agregar valor aos produtos após a certificação e, desta forma, aumentar a renda destes pequenos e médios produtores florestais (BASSO et al., 2011).

A certificação em grupo significa basicamente reunir pequenas áreas florestais sob o comando de um representante, denominado 'administrador do grupo'. Além de agregar várias funções, o administrador do grupo será a fonte de informação e o responsável pela organização do processo de certificação. A certificação em grupo pode permitir a cada integrante se beneficiar de mercados maiores, sem perder o controle do manejo de sua área florestal, já que reúne um grande número de pequenas áreas num mesmo grupo (FSC, 2012).

De acordo com Basso et al. (2011), há apenas oito grupos certificados no Brasil, e que há apenas um certificado de plantações florestais no país. Trata-se de uma associação de produtores localizados no Estado do Paraná. As propriedades são áreas de fomento florestal de uma grande empresa privada do setor florestal no Estado, que também possui o certificado de suas áreas próprias. Os demais grupos são de florestas naturais localizadas nos estados do Acre, Amapá, Mato Grosso e Pará. Os autores apontam para esta pequena parcela, às dificuldades dos produtores florestais se adequarem às exigências da certificação e em manter o cumprimento de seus requisitos por todos os integrantes do grupo.

#### 4.3. Regulação e cooperação florestal

O planejamento por meio de regulação florestal em propriedades inseridas ou não em programas de fomento, pode ser uma alternativa ao proprietário na obtenção de receitas anuais. Para isto, deve-se investir em extensão uma vez que nem todos os proprietários rurais estão habituados com o manejo florestal, ainda menos para se atingir um povoamento de estrutura regulada. Souza et al. (2009) sugeriu que as empresas florestais desenvolvessem programas de acompanhamento técnico e formação dos produtores fomentados, no intuito de reduzir as desconfianças e aumentar o volume de áreas plantadas por meio do fomento.

A regulação florestal em pequenas propriedades pode não ser economicamente interessante ao proprietário se ocorrer fracionamento da área em compartimentos ainda menores. Assim, nesse caso, pode ser investigada a possibilidade de uma regulação cooperativa. Davis (1966) já comentava que um número de pequenos proprietários em uma área pode, individualmente, ser

incapaz de manejar suas terras de forma eficaz e comercializar os produtos. Por meio de uma organização cooperativa eles podem ser capazes de obter madeira de melhor qualidade na colheita e, ao permitir a partilha de seus produtos, o mercado torna-se muito mais eficaz.

De acordo com Kittredge (2005) uma organização cooperativa pode ser classificada conforme os objetivos organizacionais, estrutura, tamanho e tipo de cooperação, da seguinte maneira:

**Cooperação de Informação (CI):** produtores rurais compartilham informações, técnicas, experiências e advertem uns aos outros, mas geralmente operam independentemente no manejo da terra. Estas organizações oferecem oportunidades educacionais, viagens de campo, boletins, relatórios de mercado florestal, assistência técnica e advocacia ou representação política regional, nacional e ainda internacional. Exemplos deste tipo de cooperação podem ser encontrados em vários países.

**Cooperação de Equipamentos (CE):** Os membros compartilham equipamentos e máquinas para colheita, construção de estradas e acesso, mas administram suas terras de forma independente umas das outras. Exemplos deste tipo de cooperação pode ser encontrada na Finlândia, Eslovénia, e as províncias canadenses de Quebec, New Brunswick e Escócia.

**Cooperação de Financiamento (CF):** Os membros deste tipo de cooperativa se organizam primeiramente para comercializar seus produtos de forma coletiva, em esforço para alcançar uma posição mais vantajosa no mercado. Este modelo é especialmente prevalente na Escandinávia, onde grandes organizações com milhares de proprietários negociam preços com fortes compradores industriais de madeira em tora. Este modelo também é encontrado no Japão, Coréia do Sul, as províncias canadenses de Leste, Alemanha e Áustria. Na ausência dessas organizações (CF), os proprietários individuais teriam que aceitar o preço definido pelos grandes compradores industriais, tendo poucas alternativas.

**Cooperação de Manejo (CM):** Os proprietários de terras manejam suas áreas cooperativamente em uma escala espacial e temporal, tomam decisões de manejo integrado e as implementam no contexto de seus recursos naturais, culturais e econômico.

Os proprietários em um sistemas de cooperativo podem compartilhar o interesse em contribuir para a economia local através do fornecimento de produtos de madeira, tanto para o processamento primário quanto secundário. Podem buscar novas técnicas, compartilhar informações, equipamentos e experiências, além de melhorar sua voz coletiva na arena política (STERN et al., 2011; ASHTON et al., 2008)

A nível local, cooperativas têm desempenhado um papel em alterar acordos de mercado, filosofias de gestão, e de outra forma desafiando o status quo (RICKENBACH, 2009). Podem negociar o preço de seus produtos florestais uma vez que, em cooperativa, o volume de madeira produzido é maior. Eles podem atender maior demanda de mercado além de ofertarem multiprodutos florestais (ASHTON et al., 2008; RAUCH, 2007; KITTREDGE, 2005).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013, 148p.

ACKOFF, R. L. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976. 126 p.

ACKOFF, R. L. **A concept of corporate planning**. New York: John Wiley & Sons, 1970. 158 p.

ANDERSON, D. **Approaches to integrated strategical/tactical forest planning**. Umeå. 2005. 29 f. Licentiate dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences. 2005.

ANSOFF, H. I. **Corporate strategy**. New York: McGraw-Hill, 1965. 241 p.

ANSOFF, H. I.; McDONNELL, E. J. **Implantando a administração estratégica**. Trad.: Antonio Z. Sanvicente, Guilherme Ary Plonky. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1993. 590 p.

ASHTON, S. F.; HULL, B.; VISSER, R. M.; MONROE, M. C. Forest management in the interface: forest cooperative. FOR 176 University of Florida, IFAS Extension, Gainesville. 2008. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FR/FR24400.pdf>> Acesso: 05/06/2014.

BALTEIRO, L. D.; ROMERO, C. Forest management optimization models when carbon captured is considered: a goal programming approach. **For. Eco. Man**, v.174, p.447-457, 2003.

BANHARA, J. R., RODRIGUEZ, L. C. E., SEIXAS, F., MOREIRA, J. M. M. A. P., SILVA, L. M. S., NOBRE, S. R., COGSWELL, A. Agendamento otimizado da colheita de madeira de eucaliptos sob restrições operacionais, espaciais e climáticas. **Sci. For.**, v.38, n.85, p.85-95, 2010.

BARROS JUNIOR, A. A. **Aplicações de heurísticas em problemas de planejamento florestal multiobjetivo**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

BASSO, V. M.; JACOVINE, L. A. G.; GRIFFITH, J. J.; NARDELLI, A.; ALVES, R. R.; SOUZA, A. L. Programas de fomento rural no Brasil. **Pesq. flor. bras.**, v.32, n.71, p.321-334, 2012.

BASSO, V. M. **Certificação de manejo florestal em programas de fomento**. 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

BASSO, V. M.; JACOVINE, L. A. G.; ALVES, R. R.; VIEIRA, S. L. P.; SILVA, F. L. Certificação florestal em grupo no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.18, n.2, p.160-170, 2011.

BEAUDOIN, D.; FRAYRET, J. M.; LEBEL, L. Hierarchical forest management with anticipation: an application to tactical-operational planning integration. **Can. J. For. Res.**, v.38, p.2198-2211. 2008.

BELCHIOR, P. G. O. **Planejamento e elaboração de projetos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Torres, 1978. 195 p.

BETTINGER, P.; BOSTON, K.; SIRY, J. P.; GREBNER, D. L. **Forest management and planning**. New York: Elsevier, 2009. 331 p.

BINOTI, D. H. B. **Estratégias de regulação de florestas equiâneas com vistas ao manejo da paisagem**. 2010, 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

BOLAN, R. S. Mapping the planning theory terrain. In Planning in America: Learning from turbulence. Godschalk (ed.), **American Institute of Planners**, p.13-34, 1974.

BOYLAND, M. Hierarchy Planning in Forestry. ATLAS/SIMFOR Project. **Technical Report**, 7 p. 2003.

BRUM NETO, M. S. **Análise econômica do manejo sustentável de reflorestamentos mistos**. 2001. 30 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. **Decision methods for forest resource and management**. California: Academic Press, 2003. 439 p.

CANTO, J. L. MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; GARLET, A; CARVALHO, R. M. M. A.; NOCE, R. Avaliação das condições de segurança do trabalho na colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo. **Árvore**, v.31, n.3, p.513-520, 2007.

CASTRO, R. R. **Regulação de florestas equiâneas incluindo restrições de adjacência**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CLUTTER, J. L.; FORSTON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach**. 3, ed. New York: John Wiley, 1983. 333p.

CURTIS, F. H. Linear programming in the management of a forest property. **Journal of Forestry**, v.60, n.9, p.611-616, 1962.

DAVIS, K. P. **Forest management: regulation and valuation**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1966. 519 p.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N. **Forest management**. New York: Mc Graw-Hill, 1987. 790 p.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N.; BETTINGER, P.; HOWARD, T. E. **Forest management: to sustain ecological, economic, and social values**. 4. ed. Illinois: Waveland. 2001. 804 p.

DETTEN, R. v. Sustainability as a guideline for strategic planning? The problem of long-term forest management in the face of uncertainty. **Eur. J. For. Res.**, v.130, p.451-465, 2011.

DYKSTRA, D. P. **Mathematical programming for natural resource management**. New York: McGraw-Hill, 1984. 318 p.

FERRETI, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; QUEDA, O. O programa de fomento florestal do viveiro da CESP de Porto Primavera e a situação do fomento florestal com espécies nativas no estado de São Paulo. **Circular Técnica IPEF**, [S.l.], n.193, nov.2001.

FISCHMANN, A. A.; ALMEIDA, M. I. R. **Planejamento estratégico na prática**. 2.ed. Atlas: São Paulo, 1991, 164 p.

FSC - Forest Stewardship Council Brasil. **Certificação em grupo**. Cartilha. 2012, 27 p. Disponível em: <http://br.fsc.org/download.cartilha-sobre-certificacao-em-grupo.26.htm> Acesso: 10/06/2014.

FUSCO, J. P. A.; SACOMANO, J. B. **Operações e gestão estratégica da produção**. São Paulo: Arte & Ciência, 2007, 360 p.

GADOW, K. V. Evaluating risk in forest planning models. **Silva Fenn.**, v.34, n.2, p.181-191, 2000.

GOMIDE, L. R. **Planejamento florestal espacial**. 2009, 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research**. 7.ed. New York: McGraw-Hill, 2001, 1214 p.

HOSOKAWA, R.T.; MENDES, J.B. Planejamento florestal. **Floresta**, v.15, n.1, p.4-7, 1984.

JOHNSON, K. N.; SCHEURMAN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives: discussion and synthesis. **Forest Science**. Monograph, n.18, p.1-31, 1977.

LOUCKS, D. P. The development of an optimal program for sustained-yield management. **Journal of Forestry**, v. 62, n.7, p.485-490, 1964.

KANGAS, J.; KANGAS, A. Multiple criteria decision support in forest management - the approach, methods applied, and experiences gained. **For. Ec. Man.**, v.207, p.133-143, 2005.

KANGAS, A.; KANGAS, J.; KURTLLIA, M. **Decision support for forest management**. In: *Managing Forest Ecosystem*, v.16. Springer Science + Business Media B. V. 2008. 222 p.

KIDD, W. E.; THOMPSON, E. F.; HOEPNER, P. H. Forest regulation by linear programming – A case study. **Journal of Forestry**, v.64, p.611-613, 1966.

KITTREDGE, D. B. The cooperation of private forest owners on scales larger than one individual property: international examples and potential application in the United States. **For. Pol. Econ.**, v.7, p.671-688, 2005.

LEITE, H. G. **Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica**. 1994. 230 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

LEUSCHNER, W. A. **Forest regulation, harvest scheduling, and planning Techniques**. New York: John Wiley, 1990. 281 p.

MATTHEWS, J. C. **Silvicultural systems**. New York: Oxford University Press, 1996. 284 p.

MEAL, H. C. **Putting production decision where they belong**. *Harv. Bus. Rev.* 62: 102-111. 1984.

MELLO, A. A.; CARNIERI, C.; ARCE, J. E.; SANQUETTA, C. R. Planejamento florestal visando à maximização dos lucros e a manutenção de estoque de carbono. **Cerne**, v.11, n.3, p.205-217, 2005.

MINTZBERG, H. **Ascensão e queda do planejamento estratégico**. Trad. Maria Adelaide Carpigiani. Porto Alegre: Bookman, 2004. 359 p.

MINTZBERG, H.; LAMPEL, J.; QUINN, J. B.; GHOSHAL, S. **O processo da estratégia: conceitos, contextos e casos selecionados**. Trad. Luciana de Oliveira da Rocha. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 496 p.

MIRANDA, G. M. **Regulação de florestas equiâneas e implantação e regulação de povoamentos mistos**. 2003, 83 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.

MONTE, M. A. **Inclusão de critérios sociais na modelagem matemática do planejamento florestal**. 2012, 74 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2012.

NARDELLI, A. M. B. **Sistemas de certificação e visão de sustentabilidade no setor florestal brasileiro**. 2001. 136f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

NEVES, J. C. O fomento florestal e seus reflexos ao nível de meio ambiente. In: Encontro técnico florestal, 6, 1994, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: Abracave, 1994. 186 p.

NUSSBAUM R. Certificação em grupo: um guia prático. Piracicaba; 2003. 58 p.

OLIVEIRA, P. R. S. **Diagnóstico e indicadores de sustentabilidade em fomento florestal no Estado do Espírito Santo**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLIVEIRA, P. R. S.; VALVERDE, S. R.; COELHO, F. M. G. Aspectos de relevância econômica no fomento florestal a partir da percepção dos produtores rurais envolvidos. **Árvore**, v.30, n.4, p.593-601, 2006.

OZBEKHAN, H. Toward a general theory of planning. In: Perspectives of planning, Jantsch, E. (ed), Paris: OECD, p.47-155, 1969.

PAULA JUNIOR, G. G. **Introdução à pesquisa operacional**. Campus, RJ: UENF/CCT, 1998, 355 p. (Notas de aula).

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008, 386 p.

REZENDE, J. L. P.; PÁDUA, C. T. J.; OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R.; COELHO-JÚNIOR, L. M. Indicadores de desenvolvimento humano de regiões assistidas por um programa de fomento florestal. **Cerne**, v.14, n.3, p.274-283, 2008.

RIBEIRO, C. A. A. S. **Otimização florestal**. Viçosa: UFV, 2007, 93 p. (Notas de aula).

RAUCH, P. SWOT analyses and SWOT strategy formulation for forest owner cooperation in Austria. **Eur. J. Forest Res.**, v.126, p.413-420, 2007.

REICHENBACH, M. Serving members and reaching others: The performance and social networks of a landowner cooperative. **For. Pol. Econ.**, v.11, p.593-599, 2009.

ROCHADELLI, R.; SILVA, J. C. G. L.; RODRIGUES, F.; SCHNEIDER, A. V.; PETLA, D. Expansão florestal via fomento no segundo planalto paranaense: Uma abordagem a partir da estrutura fundiária das propriedades rurais da região. **Cerne**, v.14, n.2, p.163-169, 2008.

RODRIGUES, F. L.; SILVA, G. F.; LEITE, H. G.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Um modelo de regulação florestal e suas implicações na formulação e solução de problemas com restrições de recobrimento. **Árvore**, v.30, n.5, p.769-778, 2006.

RODRIGUES, F. L. **Metaheurística e sistema de suporte à decisão no gerenciamento de recursos florestais**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

RODRIGUES, F. L. **Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear**. 1997. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUES, F. Rotações de eucalipto mais longas: Análise volumétrica e econômica. **Sc. For.**, Piracicaba, n.51, p.15-28, 1997.

SEIFFERT, P. Q.; COSTA, J. A. S. **Estruturação organizacional**. São Paulo: Atlas, 2007. 166 p.

SCHWENDIMAN, J. S. **Strategic and long-range planning for the multinational corporation**. New York: Praeger, 1973. 150 p.

SHIMIZU, T. **Pesquisa operacional em engenharia, economia e administração: modelos básicos e métodos computacionais**. Rio de Janeiro: Guanabara. 1994. 360 p.

SIQUEIRA, J. D. P., LISBOA, R. S., FERREIRA, A. M., SOUZA, M. F. R., ARAÚJO, E., LISBÃO-JÚNIOR, L., SIQUEIRA, M. M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S.A. e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. **Floresta**, ed. especial, p.3-67, 2004.

SILVA, G. F. **Problemas no uso de programação matemática e simulação em regulação florestal**. 2001, 89 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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

SILVA, F. L. **Estudo da relação de confiança em programa de fomento florestal de indústria de celulose na visão dos produtores rurais**. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SILVA, F. L.; GRIFFITH, J. J.; JACOVINE, L. A.; VALADARES, J. H.; FERNANDES, M. A. S.; SILVA, E. C. G. Estudo da relação de confiança em programas de fomento florestal de indústria de celulose na visão dos produtores rurais. **Árvore**, v. 33, n.4, p.723-732, 2009.

SOUZA, U. R.; SILVA, F. L.; GRIFFITH, J. J.; LIMA, J. E.; QUINTELA, M. C. A.; COSTA, E. C. V. Determinantes de novos contratos de fomento florestal na mesoregião do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Árvore**, v. 33, n. 2, p. 377-386, 2009.

SPEIDEL, G. **Planung im Forstbetrieb. Verlag Paul Parey.** Hamburg/Berlin, 1972. 267 p.

STERN, T.; SCHWARZBAUER, P.; HUBER, W.; WEISS, G.; AGGESTAM, F.; WIPPEL, B.; PETEREIT A.; NAVARRO, P.; RODRIGUEZ J.; BOSTRÖM, C.; ROBERT, M. Market supply of wood from areas with fragmented forest-ownership structures - a European case study approach. In: 2011 IUFRO Small-scale forestry conference synergies and conflicts in social, ecological and economic interactions, p.91-100. 2011.

TAVARES, M. C. **Gestão estratégica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 440 p.

TREGOE, B. B; ZIMMERMAN, J. W. **Top management strategy.** New York: Simon & Schuster, 1980, 128 p.

VALLE, A. B.; SOARES, C. A. P.; FINOCCHIO JÚNIOR, J.; SILVA, L. S. F. **Fundamentos do gerenciamento de projetos.** Rio de Janeiro: FGV, 2007. 170 p.

WAGNER, H. M. **Principles of Operations Research.** Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1986. 851 p.

WEINTRAUB, S. A.; KOHN, V. Strategic planning in forest industries. **Eur. J. Op. Res.**, v.24, p.152-162, 1986.

## CAPÍTULO II

### **ANÁLISE ECONÔMICA E REGIMES DE MANEJO EM PLANTIOS DE EUCALIPTO: UM ESTUDO DE CASO DE FOMENTO FLORESTAL NO BRASIL**

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica de regimes de manejo de eucalipto para programas de fomentos florestais. Fomentos florestais são contratos de parceria que incentivam pequenos produtores rurais em cultivar florestas além de suas culturas agrícolas. A empresa florestal fornece os insumos e mudas necessários ao plantio em troca da garantia de compra da madeira no momento da colheita. Para o estudo, foram avaliados os fluxos de caixa de proprietários e de empresas florestais com critério do Valor Presente Líquido e Custo Médio da Produção para os projetos com e sem fomento. Os regimes de manejo foram avaliados por programação linear (PL) e a função objetivo foi a maximização do Valor Anual Equivalente de 144 propriedades rurais com programa de fomento. Foi observado aumento da rentabilidade dos proprietários inscritos no programa para um raio econômico de 160 km, mostrando a importância dos incentivos ao plantio de eucalipto em pequenas e médias propriedades. Pela PL foi possível obter 10 prescrições de manejo comuns para todas as propriedades. Foi observado que 15% dos fomentos não tiveram uma prescrição viável economicamente e, uma redução de 10% no preço da madeira aumentaria para 39%. Por outro lado, um aumento de 10% no preço base, 99% dos fomentos passaram a ser economicamente rentáveis. Ainda, com análise discriminante das 10 prescrições de manejo selecionadas, foi possível criar uma regra de classificação para novos contratos de fomento com 80% de proporção de sucesso.

**Palavras-chave:** Manejo florestal, propriedades rurais, análise discriminante.

## 1. INTRODUÇÃO

As ferramentas de manejo e planejamento da produção florestal estão bem adequadas às empresas de reflorestamento, mediante controle presente e futuro do estoque florestal (PITTMAN et al., 2007; BEAUDOIN et al, 2008). Em áreas com programas de fomentos para pequenos proprietários, tais técnicas são raras no Brasil. O envolvimento destes proprietários no fornecimento de matéria-prima industrial é muito inferior quando comparado às áreas de plantio das empresas (ABRAF, 2013).

O fomento florestal é definido como uma relação contratual entre os produtores rurais e uma empresa florestal privada. Neste sentido, os fomentos florestais atuam como suporte na demanda industrial, enquanto que em outros setores de transformação a matéria-prima chega a ser integralmente adquirida por contratos com produtores rurais, a exemplo das indústrias de alimentos com base na avicultura e bovinocultura. Uma particularidade do setor florestal é a longa duração da rotação florestal. Enquanto nas culturas agrícolas ocorre mais de uma produção por ano, uma floresta inserida em um esquema de fomento necessita entre cinco a sete anos para entrega do produto final na indústria de processamento (BASSO et al., 2012).

No Brasil, a maioria dos produtores ainda não estão familiarizados com programas de fomento florestal, o que dificulta o plantio em suas áreas. Este tipo de parceria teve início na década de 60 (FUJIHARA, 1991; OLIVEIRA et al., 2006) e se consolidou no anos 80 (BASSO et al., 2012). Atualmente existem dois tipos de iniciativas para o fomento: (1) fomento florestal privado, o qual promove principalmente a produção de aço e celulose (OLIVEIRA et al., 2006; SOUZA et al., 2009) e 2) fomento florestal público, incentivado pelo governo por meio de

crédito rural específico para florestas (ROCHADELLI et al., 2008; BASSO et al., 2012).

O fomento florestal público visa atender tanto a demanda de madeira para consumo doméstico, na própria área rural, quanto para demanda industrial. Já o fomento privado tem como objetivo estimular a produção e assegurar a demanda por madeira industrial por meio de contratos com produtores localizados no entorno de grandes empresas de base florestal (CORDEIRO et al., 2010).

As principais razões citadas pelas empresas em promover o fomento florestal são: maior envolvimento de produtores rurais no setor florestal, fixação de trabalho na área rural, redução ou eliminação da necessidade de compra de terras e de custos de infraestruturas, salários e encargos sociais (ROCHADELLI et al., 2008; CANTO et al., 2009). Como consequência, há também uma expectativa de redução da pressão negativa da opinião pública (OLIVEIRA et al., 2006), conflitos com movimentos sociais e organizações não governamentais (KRÖGER e NYLUND, 2012).

Durante o contrato de fomento, a empresa fornece mudas, fertilizantes, recursos financeiros e assistência técnica. Em troca, os produtores são responsáveis pelo plantio e manutenção dos povoamentos florestais (SILVA et al., 2009), e ainda, ficam responsáveis pela colheita e transporte da madeira até a empresa. Estes custos e, principalmente a distância de transporte, podem influenciar em grande parte na decisão dos produtores em assinar ou não um contrato de parceria (HLAING e INOUE, 2013).

Outra exigência nos contratos de fomento é de que o produtor deve vender, em alguns casos, até 97% da produção total de madeira para a empresa (SOUZA et al., 2009). Caso ele deseje vender em outros mercados, deverá pagar multa por rescisão de contrato.

Os reflorestamentos nas pequenas e médias propriedades rurais apresentam maior probabilidade de sustentabilidade na medida em que geram benefícios sociais mais amplos e mitigam impactos ambientais, em comparação com povoamentos empresariais (OLIVEIRA, 2003). Como atividade complementar, viabiliza o aproveitamento de áreas degradadas, improdutivas, subutilizadas e inadequadas à agropecuária, propiciando alternativa adicional de renda ao produtor rural (BULL et al., 2006; SIQUEIRA et al., 2004). Vários estudos têm demonstrado os benefícios sociais e ambientais em pequenas propriedades

(PYKÄLÄINEN, 2000; KURTTILA e PUKKALA, 2003; KITTREDGE, 2005; BULL et al., 2006; MARTINS e BORGES, 2007; SHIVAN e MEHMOOD, 2010; VAINIO e PALONIEMI, 2012; SHIVAN e MEHMOOD, 2012).

Análises de viabilidade econômica em programas fomentos florestais possui importância por identificar custos que mais influenciam o fluxo de caixa, permitindo propor alternativas e alertar o produtor quanto aos riscos do projeto. A avaliação econômica dos fomentos sob diferentes regimes de manejo pode ser feita para definir o manejo florestal mais adequado ao produtor. Como seu objetivo é obter a renda máxima do povoamento, diferentes idades de corte e regime podem compor um modelo de programação matemática no sentido de maximizar uma variável econômica. Conhecendo o regime mais adequado e as variáveis que influenciam, uma regra de classificação pode ser criada para facilitar a identificação do regime ideal para novos contratos de fomento.

Este estudo tem como objetivos avaliar a viabilidade econômica de contratos de fomento para proprietário e empresa, determinar o manejo adequado para as propriedades em estudo e obter uma regra de classificação para determinar o regime de manejo de novos contratos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado com informações de contratos de fomento florestal celebrado entre produtores rurais e empresas florestais. No total foram considerados cerca de 2.500 ha de área de fomento, distribuídos em 144 propriedades. Estes contratos são um acordo entre as empresas e os proprietários rurais para compra e venda de madeira.

Todas as propriedades estudadas possuem mesmo tipo de contrato de fomento, o qual possui, basicamente, a seguinte estrutura: O proprietário rural é denominado VENDEDOR de madeira, enquanto que a empresa é denominada COMPRADORA. O VENDEDOR executa o preparo da área seguido de plantio e manutenções do povoamento. Os talhões são formados por árvores de eucaliptos, da espécie fornecida pela COMPRADORA, utilizando todos os recursos (insumos, assistência, etc.) por esta disponibilizados. O VENDEDOR fica obrigado a vender e entregar pelo menos 95% do volume produzido no pátio da COMPRADORA.

No contrato, consta ainda dois tipos de incentivos para os produtores. Um deles caracteriza-se pela doação de mudas, fertilizantes, levantamentos topográficos e toda assistência técnica necessária à implantação e à condução do povoamento. A empresa contratante nada cobra do proprietário desde que cumprido o acordo de venda de pelo menos 95% da madeira exclusivo à empresa. O outro incentivo se refere à disponibilidade empréstimo financeiro para custear os serviços de implantação, brotação e manutenção do povoamento, como a capina, controle de formigas e demais atividades. Este empréstimo é financiado pelas empresas e descontado dos proprietários no ato da entrega da madeira.

A condução do povoamento é realizada em dois regimes de manejo: alto fuste e talhadia. Os custos das atividades silviculturais em contrato e utilizados neste estudo, por regime de manejo, estão apresentados na Tabela 1. Para o

regime de talhadia, os insumos são os mesmos mas sem a necessidade de fornecimento de mudas.

Tabela 1 – Descrição dos custos dos fomentos por ano de ocorrência e regime de manejo, utilizados no estudo.

Descrição	Ano	Alto fuste (R\$/ha)	Talhadia (R\$/ha)	Responsável
Insumos	0	1.939,54	1.550,69	Empresa
Assistência técnica	0	130,11	130,11	Empresa
Implantação/condução	0	1.050,00	434,00	Proprietário*
Manutenção	1	240,00	240,00	Proprietário*
	2	210,00	210,00	
Custo anual da terra	0-n	120,00	120,00	Proprietário
Colheita (R\$/m <sup>3</sup> )	n	15,42	15,42	Proprietário
Transporte (R\$/m <sup>3</sup> /km)	n	0,23	0,23	Proprietário

\* Custos financiados

Neste estudo foram disponibilizadas pelas empresas as informações de área, idade, produção e distância até o local de entrega da madeira. A área total dos fomentos foi de cerca de 2.500 ha, com média de 17 ha plantados por propriedade. A propriedade de menor área destinada ao plantio foi de 2,6 ha e a maior de 219 ha. A maioria dos plantios estavam com 7 anos de idade e os demais com 5 e 6 anos.

A distância média das propriedades rurais em relação às empresas foi de 150 km. Todas as estradas foram consideradas de mesma qualidade, com tráfego permitido ao longo de todo o ano.

A produção de volume dos fomentos foi estimada por meio de equações logística ajustadas com dados de parcelas permanentes medidas pelas empresas florestais.

## 2.1. Análise econômica

A análise econômica envolveu a avaliação de fluxo de caixa para um projeto de 15 períodos, para que os fomentos pudessem ser manejados em duas rotações de 7 anos, ou seja, em dois regimes de corte: alto fuste e talhadia.

Para verificar as diferenças nos fluxos de caixa entre as empresas e os produtores, foram analisadas três situações de projeto: a) projeto florestal independente, sem contrato de fomento, b) fluxo de caixa do proprietário inserido no programa de fomento, e c) fluxo de caixa da empresa no projeto de fomento. Os três tipos de fluxo de caixa são apresentados na Figura 1.

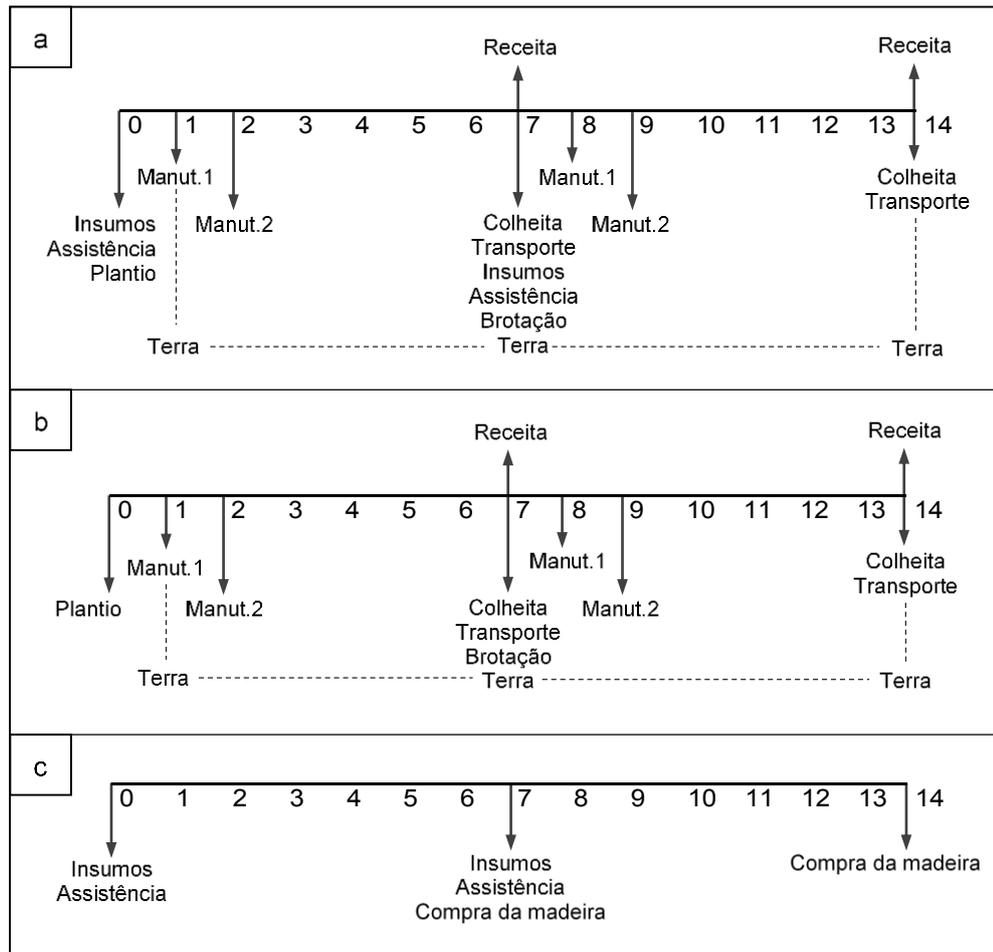


Figura 1 – Fluxos de caixa de três cenários: a) projeto florestal independente, b) proprietário inserido no programa de fomento, e c) empresa no projeto de fomento.

No primeiro cenário foram comparadas as diferenças dos projetos caso não existisse o programa de fomento, ou seja, os produtores conduziram o povoamento por sua conta e venderiam a produção de madeira para a empresa mais próxima do fomento. Os demais cenários comparam principalmente as diferenças do fluxo de caixa de ambas as partes.

A viabilidade dos projetos foi analisada com os critérios de Valor Presente Líquido (VPL) e Custo Médio de Produção (CMP), conforme formulação a seguir:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \qquad CMP = \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \Big/ \sum_{j=0}^n \frac{PT_j}{(1+i)^j}$$

em que:  $R_j$  = receitas no período  $j$ ;  $C_j$  = custos no período  $j$ ;  $PT_j$  = produção total obtida no final do período  $j$ ;  $i$  = taxa de desconto;  $n$  = duração do projeto, em anos.

De acordo com Rezende e Oliveira (2008) o CMP é utilizado quando se deseja operar com o custo médio mínimo, independentemente da quantidade produzida e do tempo de duração do investimento. O CMP resulta da relação entre o custo total atualizado e a produção total equivalente.

O fluxo de caixa foi montado de acordo com os custos da Tabela 1. O preço de venda da madeira entregue no pátio das empresas foi R\$ 69,37/m<sup>3</sup>, com valor cambial do dólar de 1,97. O preço da madeira foi definido com base em cotação de diferentes empresas e na literatura. A taxa de juros adotada foi de 5% ao ano. Esta taxa é a mesma adotada pelos bancos credenciados pelo BNDES no programa ABC para financiamento de projetos de implantação e manejo de florestas comerciais.

Em projetos florestais existem muitas variações na condução do plantio, produtividade local, fatores edáfico-climáticos, além das variações de mercado, como preços e taxa de juros (DAVIS et al, 2001). Diante disso, foram simuladas algumas situações de limites inferiores e superiores que podem ocorrer no preço, taxa de juros, produção e distância. Na Tabela 2 são informados estes limites e o efeito que causam no fluxo de caixa dos cenários quando o valor simulado aumenta.

Para as três situações de projeto o preço foi simulado em 10% e a taxa de juros em uma unidade para mais e para menos do valor base (5%). A variação da distância das propriedades até a empresa foi simulada em 100, 150 e 200 km. Na primeira rotação (alto fuste) a produção foi simulada com valores de 150, 200 e 250 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Para a produção no regime talhadia, foi descontado 10% da produção do alto fuste.

Tabela 2 – Variação de preço, taxa de juros, produção e distância, e efeito nos custos e receitas do fluxo de caixa (VPL) na compra e venda da madeira para os três cenários.

	Preço (R\$/m <sup>3</sup> )	Juros (%)	Produção (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Distância (km)
<b>Simulação</b>				
Limite inferior	62,43	4	150	100
Valor base	69,37	5	200	150
Limite superior	76,31	6	250	200
<b>Efeito no fluxo de caixa (VPL)</b>				
Cenário (a)	Venda (+)	C e R (-)	Venda (+)	Transporte (-)
Cenário (b)	Venda (+)	C e R (-)	Venda (+)	Transporte (-)
Cenário (c)	Compra (-)	C e R (-)	Compra (-)	nenhum

(+) efeito positivo no VPL; (-) efeito negativo no VPL; C = custos; R = receitas

## 2.2. Avaliação de regimes de manejo

O principal objetivo dos proprietários é obter a maior renda na venda da madeira (PYKÄLÄINEN, 2000). A determinação desse objetivo envolve, basicamente, a análise econômica para diferentes idades de corte e regimes de manejo florestal. Foram avaliadas as opções de corte de 5 a 8 anos. O horizonte de planejamento adotado foi de 16 anos, sendo que o povoamento pode ser manejado somente no regime alto fuste ou alternando entre alto fuste e talhadia. No manejo por alto fuste, após o corte raso no povoamento é realizado uma reforma na área para novo plantio de mudas. No regime de talhadia, as áreas cortadas no final da primeira rotação são regeneradas por brotação e, no final da segunda rotação (talhadia) o povoamento é cortado e novamente reformado. Desta maneira, foram geradas um total de 258, 216 e 157 prescrições de manejo para os fomentos com idade atual de 5, 6 e 7 anos, respectivamente.

Com as prescrições de manejo, foi formulado um problema de programação linear (PL) com as seguintes premissas: (1) os fomentos na segunda rotação (talhadia) serão reformados imediatamente pós a colheita, para uma nova primeira rotação por alto fuste; (2) a taxa de juros é constante; (3) a idade do povoamento não afeta o preço da madeira; (4) os custos iniciais são diferentes na primeira e segunda rotação; (5) o custo anual de manutenção é o mesmo para ambas rotações; (6) em ambas rotações o custo anual da terra é igual; e (7) o custo de colheita é o mesmo para as rotações.

Para encontrar a melhor alternativa de manejo no horizonte de planejamento, foi considerado o problema de PL na estrutura do modelo tipo I (JOHNSON e SCHEURMAN, 1977). A função objetivo do problema foi maximizar o Valor Anual Equivalente (VAE) dos projetos de fomento.

O VAE foi escolhido como critério econômico, pois em várias prescrições de manejo o último corte ocorre antes do período final do planejamento. Esta situação deixa um estoque de madeira não comercial. Assim, valorar o estoque final de madeira imatura não é uma tarefa simples. Para comparar diferentes prescrições de manejo, elas devem ter o mesmo período de planejamento. Consequentemente, as prescrições necessitam ser normalizadas, que pode ser feito encontrando o mínimo múltiplo comum entre todos os projetos.

Uma abordagem mais simples e equivalente é considerar que todas as prescrições serão repetidas em perpetuidade (RIBEIRO e GRAÇA, 1996). O valor presente líquido de uma série perpétua de colheitas de madeira pode ser calculada utilizando a fórmula do valor esperado da terra (VET) que, por sua vez, pode ser ainda mais simplificada para o Valor Anual Equivalente (SILVA e RIBEIRO, 2006). Isto pode ser conseguido através da multiplicação do VET pela taxa de juros anual.

O VAE é a receita líquida obtida por ano, ao longo da vida de um investimento, para uma determinada taxa de desconto. A vantagem do uso do VAE é que projetos com diferentes durações podem ser diretamente comparados (BETTINGER et al., 2009), sem a necessidade de normalizá-los para uma base comum. A fórmula do VAE é expressa como:

$$VAE = \frac{VPL \times i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

em que:  $VPL$  = valor presente líquido;  $i$  = taxa de desconto anual; e  $n$  = duração do projeto em anos.

No problema de PL foi considerado somente as restrições obrigatórias de limite de área dos fomentos. Assim, a formulação matemática para o modelo de PL foi:

Função objetivo:

Sujeito a:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m VAE_{ij} x_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = A_i \quad \forall i$$

em que:  $VAE_{ij}$  = valor anual equivalente por hectare do fomento  $i$ , na opção de manejo  $j$ ;  $X_{ij}$  = variável de decisão referente à quantidade de área (ha) do fomento  $i$ , assinalada na opção de manejo  $j$ ;  $A_i$  = área (ha) do fomento  $i$ .

Abordagens quantitativas para modelagem de problemas de manejo florestal usam, na maioria das vezes, a programação linear ou a programação por metas. Os modelos desenvolvidos com estas técnicas expressam o impacto das alternativas de manejo sobre os objetivos. A magnitude deste impacto é expressa pelos coeficientes que unem pesos com as variáveis de decisão (MARTINS e BORGES, 2007; KURTTILA e PUKKALA, 2003).

Desta maneira, identificou-se os fomentos fora do raio econômico de acordo com sua produtividade e distância da empresa mais próxima, observando o VAE da melhor alternativa de manejo determinada pela solução ótima do modelo de PL. Como o preço da madeira paga no pátio das empresas tem relação positiva no VAE, optou-se por simular 10% de variação do preço base. Assim, foram gerados três modelos de PL para comparação.

### 2.3. Análise discriminante

O programa de fomento é divulgado pelas empresas florestais e os contratos ficam disponíveis a pequenos e médios proprietários. Assim, um proprietário rural que deseja iniciar na silvicultura, pode procurar a empresa mais próxima, que estará verificando a viabilidade de ingresso no programa. Como dito, a principal restrição dos contratos é a distância da propriedade à empresa de entrega. No entanto, outra dificuldade é determinar como será o manejo da futura floresta no momento de ingressar no programa.

De posse da melhor alternativa de manejo florestal para os fomentos, foi realizada uma análise discriminante para obter uma função de classificação. O objetivo desta função foi criar uma regra de classificação para determinar a melhor alternativa de manejo para novas propriedades, que possam fazer parte dos

programas de fomento das empresas. As variáveis de entrada no modelo foram: idade (anos); produção na idade atual ( $m^3ha^{-1}$ ); distância (km); e preço ( $R\$/m^3$ ).

Estas variáveis foram utilizadas por serem mais acessíveis no momento de assinar um novo contrato. No entanto a produção não é conhecida antes do primeiro inventário e, portanto, a empresa deve utilizar a priori uma estimativa a partir de banco de dados, até que o povoamento esteja formado e o inventário realizado. Assim, a escolha do regime de manejo pode ser concretizada antes da colheita.

Os fomentos que apresentaram mesma prescrição de manejo, obtida na seção 2.3, foram agrupados em  $n$  grupos para compor a variável dependente do modelo.

De acordo com Hair et al. (1998), a análise discriminante envolve determinar uma variável representada pela combinação linear de duas (ou mais) variáveis independentes que discriminarão melhor entre grupos definidos a priori. A discriminação é conseguida, estabelecendo-se os pesos da variável estatística para cada variável, maximizando a variância entre grupos e minimizando dentro dos grupos. A combinação linear para uma análise discriminante, também conhecida como função discriminante, é determinada a partir de uma equação que assume a seguinte forma:

$$Z_{jk} = a + W_1 X_{1k} + W_2 X_{2k} + \dots + W_n X_{nk}$$

em que:  $Z_{jk}$  = escore Z discriminante da função discriminante  $j$  para o objeto  $k$ ;  $a$  = intercepto;  $W_i$  = peso discriminante para a variável independente  $i$ ;  $X_{ik}$  = variável independente  $i$  para o objeto  $k$ .

O método *stepwise* foi utilizado para seleção de entrada das variáveis no modelo, enquanto que a avaliação geral da função discriminante foi feita com matriz de classificação, pelo método da validação cruzada ou Lachenbruch (JOHNSON e WICHERN, 2002).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise econômica

Os resultados da análise econômica para o preço médio de R\$ 69,37/m<sup>3</sup> e a taxa de juros de 5% ao ano, estão apresentados na Tabela 3, com valores em ordem crescente de VPL.

Tabela 3 – Valor presente líquido (VPL) e custo médio de produção (CMP) por produção e distância para os três cenários avaliados.

Produção (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Distância (km)	Cenário a VPL (R\$/ha)	Cenário b VPL (R\$/ha)	Cenário c	
				VPL (R\$/ha)	CMP (R\$/m <sup>3</sup> )
250	100	2.394,97	6.210,29	-2.4023,54	87,66
200	100	588,84	4.404,16	-1.9981,90	92,23
250	150	-947,82	2.867,50	-2.4023,54	87,66
150	100	-1.217,28	2.598,04	-1.5940,25	99,85
200	150	-2.085,39	1.729,93	-1.9981,90	92,23
150	150	-3.222,96	592,36	-1.5940,25	99,85
250	200	-4.290,61	-475,29	-2.4023,54	87,66
200	200	-4.759,62	-944,30	-1.9981,90	92,23
150	200	-5.228,63	-1.413,31	-1.5940,25	99,85

a) projeto sem fomento; b) projeto com fomento; c) fluxo de caixa das empresas

Comparando-se as situações de viabilidade econômica, o projeto florestal sem fomento (cenário a) apresentou VPL positivo para distância de 100 km e produção mínima de 200 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Qualquer aumento na distância ou diminuição da produção o projeto se tornará inviável.

O VPL das empresas foi negativo em qualquer situação de distância e produção (cenário c), uma vez que os incentivos e benefícios em contrato só geram custos, além do que, ao final do programa, a compra da madeira é

computada como uma despesa. Assim, o fluxo de caixa avaliado para as empresas não possui receitas.

Do ponto de vista econômico, alguns fomentos podem não ser viáveis. Nesta situação, as empresas poderiam encerrar as atividades nestas áreas. No entanto, o fomento florestal pode contribuir significativamente para atender a demanda industrial (BULL et al., 2006). Assim, a avaliação pelo CMP se torna mais útil, uma vez que pode entrar como um custo em fluxo de caixa para avaliações econômicas da produção industrial.

Buscando o menor valor do CMP na Tabela 3 (87,66), observa-se que as empresas podem focar os programas de fomento em áreas de maior produtividade, uma vez que o custo de transporte é pago pelo proprietário, ou seja, a distância não influencia no CMP da empresa.

Por outro lado, o proprietário busca o maior retorno com a venda da madeira, e a comparação pelo VPL é mais indicada. Como era de se esperar, fomentos mais próximos e com maior produtividade na idade de corte são os de maior retorno econômico, uma vez que o preço pago pela madeira é o mesmo independente da distância. Ainda, observando a Tabela 3, fomentos acima de 150 km de distância começam a ser inviabilizados (VPL negativo), mesmo aqueles de maior produção.

Na Figura 2, são apresentados os resultados das simulações de preço com 10% na variação do preço base, e da taxa de juros em 1 ponto percentual do valor base.

As simulações na taxa de juros apresentaram baixo impacto no VPL dos proprietários e CMP das empresas. Com a diminuição dos juros para 4%, o VPL aumentou em geral 9,5% e o CMP em 1,7%. O inverso também ocorreu, ou seja, o aumento na taxa de juros para 6% o VPL diminuiu em média geral 8,5%, enquanto que o CMP foi 1,8%.

No entanto, esta variação não é direta se houver mudança no preço da madeira, uma vez que afeta somente as receitas no fluxo de caixa, enquanto que a taxa de juros afeta custos e receitas na mesma proporção. Se o preço pago pela madeira fosse 10% menor (62,43), resultaria na inviabilização de fomentos localizados a 150 km da empresa mais próxima, caso a produção esteja abaixo de 200 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, um aumento de 10% no preço, fomentos localizados a 200 km com produção esperada mínima de 200 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, passam a ser

economicamente interessantes, uma vez que o VPL aumentaria de R\$ -994,30 para R\$ 673,06 o metro cúbico (171%). No entanto, o CMP das empresas passaria de R\$ 92,23 para R\$ 99,17/m<sup>3</sup>.

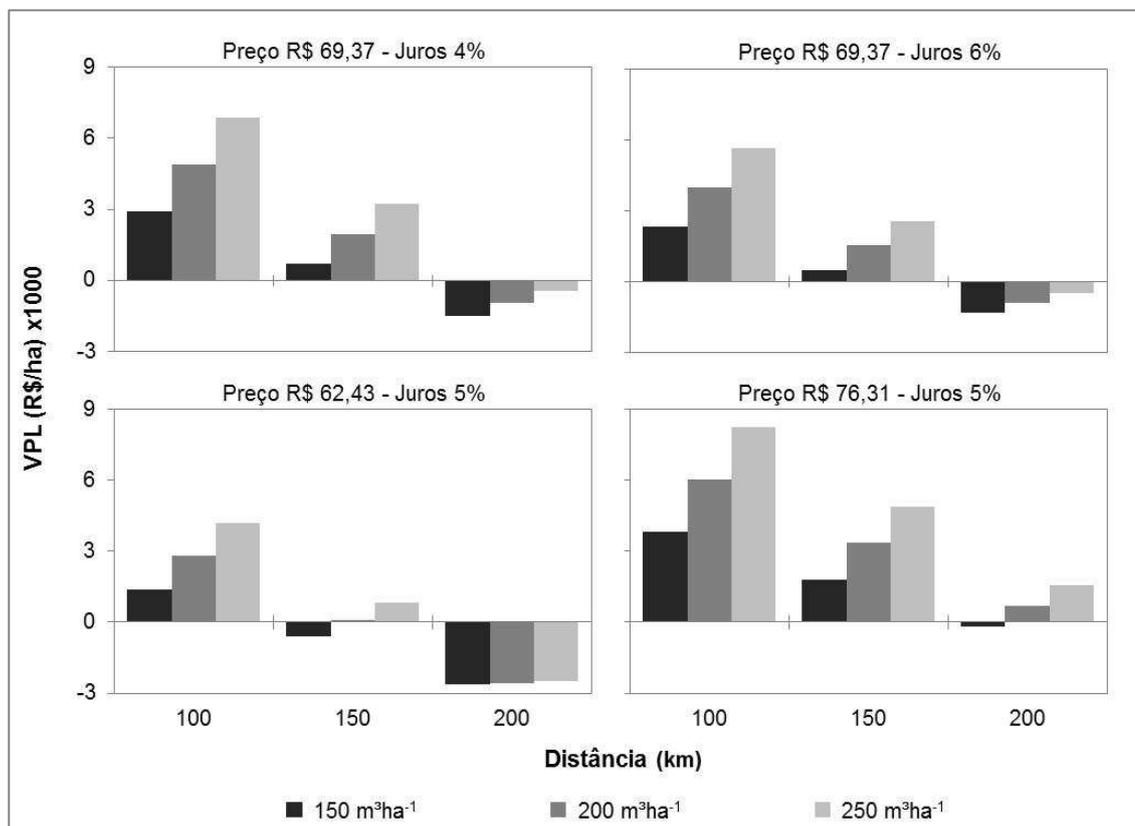


Figura 2 – Resultados do VPL (R\$/ha) para as simulações de variação no preço da madeira ( $\pm 10\%$ ) e taxa de juros ( $\pm 1\%$ ) do valor base, de acordo com a distância e produção dos fomentos.

Grupos de membros de uma comunidade florestal tem o potencial para vender produtos florestais, embora a distância do mercado, demanda e preço local diferem de acordo com a localização (HLAING e INOUE, 2013).

De fato, para que novos fomentos entrem nos programas, deve-se observar o raio econômico próximo a 150 km. Acima desta distância, os programas só seriam interessantes aos proprietários caso o preço do metro cúbico pago pela madeira aumente um mínimo de R\$ 0,23 por quilômetro adicional. Este aumento é o equivalente ao custo de transporte, ou seja, acima do raio econômico, as empresas passariam a custear o transporte, até que o CMP atinja um máximo determinado.

Assim, os resultados dos três cenários avaliados, indicam que o programa florestal traz vantagens aos proprietários (cenário b) uma vez que a doação de insumos e a assistência técnica pelas empresas diminuem seus custos. Isto faz com que o VPL do proprietário seja maior do que se ele conduzisse o povoamento fora do programa (cenário a).

### 3.2. Regimes de manejo

Com as informações de cadastro e produção dos fomentos florestais, foram geradas prescrições de manejo para opções de corte final de 5 a 8 anos, com possibilidade de alternar entre os regimes de alto Fuste (R) e talhadia (T). Atualmente os povoamentos se encontram no regime de alto fuste com idade variando de 5 a 7 anos.

De posse das prescrições de todas as propriedades, foi gerado o cenário base de PL para maximização do VAE, o qual considera uma taxa de juros de 5% e preço da madeira de R\$ 69,37 o metro cúbico. Posteriormente, foram gerados mais dois cenários, considerando variação no preço de 10% para mais e para menos do cenário base. A taxa de juros foi mantida em 5% por ter menor influência no VPL, conforme seção 3.1.

Na Tabela 4 se encontram os resultados da otimização para os três cenários, identificando 15 prescrições de manejo, com seus respectivos códigos, para as propriedades com fomento.

Estes resultados indicam que o manejo dos fomentos deverá alternar entre os dois regimes. Como exemplo, a prescrição 122 indica um corte raso no período 2 do horizonte de planejamento quando o povoamento estiver com 7 anos. Então, a área será imediatamente reformada após a colheita, dando lugar a uma nova rotação no regime de alto fuste (7R). Novamente na idade 7 (período 9), o talhão será colhido. Desta vez, a área será regenerada naturalmente a partir da brotação dos tocos, levando a segunda rotação por talhadia (7T). A terceira colheita será um corte raso com 6 anos no período 15 do horizonte de planejamento, e então o povoamento será reformado com plantio por mudas (6R).

Tabela 4 – Prescrições de manejo selecionadas pelo modelo de PL para 16 períodos de planejamento de acordo com a idade atual.

Prescrição	Código	Idade atual	Períodos (anos)															
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6R-5R-5R-5T	4	6	R					R				R						T
6R-6T-8R	46	6	R						T									R
6R-7R-7R	72	5		R							R							R
6T-8R-6R	211	6	T								R							R
7R-5R-5R-5T	3	7	R					R				R						T
7R-7R-6R	112	5			R							R						R
7R-7R-7R	71	6		R							R							R
7R-7R-8R	23	7	R							R								R
7R-7T-6R	122	5			R							T						R
7T-5R-5T-5R	133	7	T					R					T					R
7T-6R-7R	184	5			T							R						R
7T-7R-7R	173	6		T								R						R
7T-7R-8R	146	7	T							R								R
8T-7R-7R	114	7		T								R						R
8T-8R	121	7		T									R					

R = regime de alto fuste; T = regime de talhadia

Em geral os proprietários têm por prática sempre conduzir a brotação após o primeiro corte raso. No entanto, em alguns casos, o modelo de PL indicou apenas o regime de alto fuste, como observado na prescrição 23.

Comparando a solução ótima dos cenários, uma redução de 10% no preço pago pela madeira diminuiu a solução objetivo em 70%. Quando o preço aumentou 10% a solução aumentou 42%.

Também foi possível observar o número de fomentos viáveis (VAE positivo) em cada cenário. Para o cenário de preço base, 85% dos fomentos apresentaram viabilidade econômica, enquanto que nos outros dois cenários (-10% e +10% do preço base) os fomentos viáveis ocorreram em 61% e 99% das vezes.

Na Tabela 5 se encontram o resumo do VAE para os três cenários avaliados. Também é mostrado o número de fomentos na prescrição de manejo, a distância média e a produção média.

Ordenando a Tabela 5 pelo maior VPL médio, observa-se que, conforme o VPL diminui, a distância média aumenta, devido ao aumento do custo de transporte.

Tabela 5 – Resumo dos resultados da variação do VAE para os três cenários (preço da madeira) do modelo de PL, de acordo com a distância e produção média dos fomentos.

Preço	Presc. num.	Num. Fomentos	Distância média (km)	Produção média (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Valor Anual Equivalente (R\$/ha)		
					Min.	Médio	Max.
62,43	133	7	107	307,43	827,95	942,98	1.040,35
	23	2	110	244,17	822,40	866,56	910,71
	72	5	106	309,66	760,54	861,23	1.081,75
	71	3	110	307,00	785,90	852,26	892,07
	184	17	141	308,20	-26,36	356,25	748,60
	146	46	138	253,70	-50,22	282,94	735,04
	173	9	143	256,01	-22,33	211,60	523,57
	211	1	160	240,36	-10,35	-10,35	-10,35
	114	21	160	215,06	-147,18	-30,42	129,83
	121	33	196	249,43	-878,07	-348,76	-46,01
69,37	3	5	106	290,38	1.332,03	1.458,59	1.557,53
	4	1	110	313,21	1.325,61	1.325,61	1.325,61
	72	11	110	296,58	873,15	1.153,21	1.496,86
	71	3	110	279,58	841,97	1.125,93	1.337,93
	133	13	108	263,06	797,71	1.107,75	1.414,25
	23	2	125	302,80	1.055,81	1.107,65	1.159,49
	112	1	160	415,74	872,63	872,63	872,63
	122	4	160	354,67	620,25	677,15	738,70
	173	8	148	259,15	276,71	527,98	731,97
	184	8	161	283,61	63,82	423,71	684,20
	146	67	157	244,02	-45,91	383,17	808,78
	211	1	160	240,36	303,75	303,75	303,75
	114	10	188	225,55	-152,13	-80,46	41,35
	121	10	218	239,81	-561,49	-260,48	-162,36
76,31	4	3	110	307,00	1.626,90	1.743,63	1.808,65
	3	18	111	280,79	1.354,42	1.677,10	2.086,13
	72	15	120	292,22	798,07	1.384,86	1911,96
	112	6	163	360,71	830,95	1.133,82	1418,71
	133	15	135	268,00	856,57	1.062,95	1296,97
	71	6	135	257,75	820,10	1.004,38	1167,89
	23	15	154	272,81	790,12	928,15	1175,54
	122	1	175	311,76	758,35	758,35	758,35
	173	3	160	252,54	575,75	748,01	935,11
	46	1	160	240,36	618,91	618,91	618,91
	184	2	175	253,17	407,08	518,91	630,73
	146	57	175	224,78	34,64	444,11	792,04
	121	2	250	250,48	-288,85	-266,88	-244,90

No cenário base, os fomentos viáveis se localizam até 160 km das empresas, com produção mínima de  $150 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  aos sete anos. Quando se localizam acima de 200 km, a produção esperada deve ser acima de  $250 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , corroborando com os resultados da seção 3.1. No entanto, isto não se verifica quando a ocorre diminuição do preço, mesmo para fomentos com produção superior a  $250 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ .

Com aumento do preço da madeira em 10%, é observado fomentos viáveis à 210 km cuja produção esteja entre 250 a  $330 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$  na idade de 7 anos.

Conforme o preço da madeira muda, as prescrições de manejo também alteram. Como exemplo, a prescrição 121 apresentou VAE muito baixo na menor simulação de preço. Quando o preço aumenta o número de projetos desta prescrição diminui. No entanto, na prescrição 133 ocorreu o inverso. De fato, a prescrição 121 é a opção de manejo de menor VAE (negativo) entre prescrições inviáveis. Assim, um projeto só mudará para uma prescrição economicamente viável, caso o preço aumente ao ponto das receitas superarem os custos no fluxo de caixa.

### 3.3. Análise discriminante

Com a identificação da melhor prescrição de manejo para os fomentos na seção 3.2, foi realizada uma análise discriminante com objetivo de criar uma regra de classificação para novas propriedades da região estudada, que possam fazer parte dos programas de fomento florestal.

Para criar a regra de classificação foram utilizadas as seguintes variáveis: preço da madeira, distância da empresa, idade do fomento e produção florestal na idade atual. As prescrições de manejo da Tabela 4 foram utilizadas para gerar grupos discriminantes. Para ajustar à análise, as prescrições com número inferior a 10 fomentos foram eliminadas, uma vez que um número reduzido de observações em um grupo dificulta o poder de discriminação da análise. Assim, cinco prescrições de manejo foram removidas, deixando dez grupos para análise.

Por meio do algoritmo stepwise, as quatro variáveis de entrada foram selecionadas como significativas para a função discriminante após 4 passos ( $\lambda$  Wilk = 0,0063; F aproximado = 119,29;  $p$ -valor = 0,000). Na Tabela 6 se

encontram os coeficientes das variáveis da função de classificação para os 10 grupos (prescrições).

Tabela 6 – Coeficientes da função de classificação obtidos para as variáveis selecionadas (distância, idade, produção e preço), por grupo (prescrição).

Grupo	Prescrição	Constante	Distância	Idade	Produção	Preço
1	6R-7R-7R	-872,89	-0,680367	272,567	0,330312	4,98926
2	7R-5R-5R-5T	-1.540,25	-0,792508	379,567	0,365419	5,36383
3	7R-7R-7R	-1.157,49	-0,673402	325,261	0,328091	4,90020
4	7R-7R-8R	-1.506,72	-0,662170	377,911	0,333739	4,96088
5	7T-5R-5T-5R	-1.509,13	-0,719421	378,736	0,344361	4,98781
6	7T-6R-7R	-823,64	-0,511336	270,695	0,290725	4,25198
7	7T-7R-7R	-1.118,22	-0,546346	323,692	0,292012	4,36702
8	7T-7R-8R	-1.466,85	-0,564566	376,624	0,298619	4,48156
9	8T-7R-7R	-1.434,74	-0,466843	375,443	0,266896	3,97228
10	8T-8R	-1.394,16	-0,373147	369,790	0,256637	3,72545

R = regime de alto fuste; T = regime de talhadia

Desta forma, a melhor alternativa de manejo pode ser assinalada para qualquer novo contrato de fomento, de acordo com o escore mais alto obtido pelas funções de classificação dos grupos. Como exemplo, para que uma propriedade seja classificada no grupo 1, seu escore obtido pela função deste grupo (Prescrição =  $-872,89 - 0,680367 \cdot \text{Distancia} + 272,567 \cdot \text{Idade} + 0,330312 \cdot \text{Produção} + 4,98926 \cdot \text{Preço}$ ) deve ser superior aos escores obtidos pelas funções dos demais grupos.

Os coeficientes das variáveis indicam o peso que contribuem em cada grupo. Os maiores coeficientes indicam qual varável discrimina melhor determinado grupo dos demais. A exemplo, a variável distância possui maior coeficiente no grupo 2 (-0,7925) e, portanto, tem mais peso nesse grupo.

Como já observado nos resultados anteriores, quanto maior a distância entre empresa e propriedade maior será o custo de transporte e menor será o VAE. Na prescrição 121, nenhum dos fomentos apresentou VAE positivo, mesmo pagando-se maior valor pela madeira (Tabela 5). Assim, o coeficiente da variável distância apresentou menor peso para seu grupo correspondente (10).

A avaliação da análise discriminante, feita observando os casos corretamente classificados com matriz de classificação, pelo método da validação cruzada, indicou uma proporção de sucesso geral de 79,6%.

Diante do exposto, destaca-se a importância da análise discriminante por determinar, a priori, o manejo adequado para futuros contratos de fomentos. Outras variáveis de entrada podem ser recomendadas para compor o modelo discriminante, como topografia, porcentagem de mecanização das áreas, tipo de solo e material genético, visando melhorar seu poder de classificação.

#### 4. CONCLUSÕES

A viabilidade econômica dos projetos com fomento foi superior à dos projetos sem o incentivo do programa. Isto mostra a importância dos programas de fomento na geração de renda em propriedades rurais.

O Custo Médio de Produção para as empresas aumenta na mesma proporção dos incentivos e do preço da madeira. O máximo CMP pode ser determinado em fluxos de caixa da produção industrial e assim adequar o preço da madeira visando aumentar o raio econômico das propriedades.

O Valor Anual Equivalente calculado para os fomentos mostrou que 85% possuem viabilidade econômica até uma distância de 160 km, indicando a necessidade de reavaliação dos outros 15%, cujos fomentos estão além do raio econômico. Para isto, o preço da madeira pode ser um fator importante. Foi observado que um aumento de 10% no preço base, 99% dos fomentos passaram a ser economicamente rentáveis.

Através dos resultados da análise discriminante para os fomentos florestais, foi possível criar uma regra de classificação para novos contratos, considerando 10 prescrições de manejo selecionadas pela programação linear, com uma taxa de 79,6% de sucesso.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013, 148p.

BASSO, V. M., JACOVINE, L. A. G., GRIFFITH, J. J., NARDELLI, A., ALVES, R. R., SOUZA, A. L. Programas de fomento rural no Brasil. **Pesqui. Florest. Bras.**, v.32, n. 71, p.321–334. 2012.

BEAUDOIN, D.; FRAYRET, J. M.; LEBEL, L. Hierarchical forest management with anticipation: an application to tactical-operational planning integration. **Can. J. For. Res.**, v.38, p.2198-2211. 2008.

BETTINGER, P.; BOSTON, K.; SIRY, J. P.; GREBNER, D. L. **Forest management and planning**. New York: Elsevier, 2009. 331 p.

BULL, G. Q., BAZETT, M., SCHWAB, O., NILSSON, S., WHITE, A., MAGINNIS, S. Industrial forest plantation subsidies: impacts and implications. **For. Policy Econ.**, v.9, p.13–31. 2006.

CANTO, J. L., COELHO, F. M. G., NOCE, R., MACHADO, C. C., REZENDE, J. L. P., MENDES, L. M., OLIVEIRA, J. M. Aspectos sociais do fomento florestal no Estado do Espírito Santo. **Cerne**, v.15, n.2, p.123–132. 2009.

CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S. Contribuição do fomento do órgão florestal de minas gerais na lucratividade e na redução de riscos para produtores rurais. **Árvore**, v.34, n.2, p.367-376, 2010.

DAVIS, L. S.; JOHNSON, K. N.; BETTINGER, P.; HOWARD, T. E. **Forest management: to sustain ecological, economic, and social values**. 4. ed. Illinois: Waveland. 2001. 804 p.

FUJIHARA, M. A. Fomento florestal: necessidade de ação integrada. Seminário sobre aspectos econômicos, sociais e ambientais do fomento florestal. Belo Horizonte. **Anais**. UFV/DEF/SIF, Viçosa, MG, p.3–17, 1991.

HAIR, J. F.; TATHAM, R.; ANDERSON, R.; BLACK, W. **Análise Multivariada de Dados**. 5 ed. Printice-Hall, 1998. Tradução: A. S. Sant'Anna e A. Chaves Neto, Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.

HLAING, E. E. S., INOUE, M. Factors affecting participation of user group members: comparative studies on two types of community forestry in the Dry Zone, Myanmar. **J. For. Res.**, v.18, p.60–72, 2013.

JOHNSON, K. N.; SCHEURMAN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives: discussion and synthesis. **Forest Science**. Monograph, n.18, p.1-31, 1977.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. Madison: Prentice Hall, 1982. 607p.

KITTREDGE, D. B. The cooperation of private forest owners on scales larger than one individual property: international examples and potential application in the United States. **For. Pol. Econ.**, v.7, p.671-688, 2005.

KRÖGER, M., NYLUND, J.-E. The conflict over Veracel pulpwood plantations in Brazil - application of ethical analysis. **For. Policy Econ.**, v.14, p.74–82, 2012.

KURTTILA, M., PUKKALA, T. Combining holding-level economic goals with spatial landscape-level goals in the planning of multiple ownership forestry. **Landscape Ecol.**, v.18, n.5, p.529–541, 2003.

MARTINS, H., BORGES, J. G. Addressing collaborative planning methods and tools in forest management. **For. Ecol. Man.** 248, 107–118, 2007.

OLIVEIRA, P. R. S. **Diagnóstico e indicadores de sustentabilidade em fomento florestal no Estado do Espírito Santo**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLIVEIRA, P. R. S.; VALVERDE, S. R.; COELHO, F. M. G. Aspectos de relevância econômica no fomento florestal a partir da percepção dos produtores rurais envolvidos. **Árvore**, v.30, n.4, p.593-601, 2006.

PITTMAN, S. D., BARE, B. B., BRIGGS, D. G. Hierarchical production planning in forestry using price-directed decomposition. **Can. J. For. Res.**, v.37, p.2010–2021, 2007.

PYKÄLÄINEN, J. Defining forest owner's forest-management goals by means of a thematic interview in interactive forest planning. **Silva Fenn.**, v.34, n.1, p.47–59, 2000.

RIBEIRO, C. A. A. S., GRAÇA, L. R. Manejo por talhadias: estabelecimento das idades ótimas de corte. **Árvore**, v.20, n.1, p.29–36, 1996.

ROCHADELLI, R.; SILVA, J. C. G. L.; RODRIGUES, F.; SCHNEIDER, A. V.; PETLA, D. Expansão florestal via fomento no segundo planalto paranaense: Uma abordagem a partir da estrutura fundiária das propriedades rurais da região. **Cerne**, v.14, n.2, p.163-169, 2008.

SHIVAN, G. C., MEHMOOD, R. S. Factors influencing nonindustrial private forest tree growers' policy preference for promoting bioenergy. **For. Policy Econ.**, v.12, p.581–588, 2010.

SHIVAN, G. C., MEHMOOD, R. S. Determinants of nonindustrial private forest landowner willingness to accept price offers for woody biomass. **For. Policy Econ.**, v.25, p.47–55, 2012.

SILVA, M. L., RIBEIRO, C. A. A. S. Estabelecimento de rotação econômica para uma floresta regulada. **Árvore**, v.30, n.1, p.65–73, 2006.

SILVA, F. L.; GRIFFITH, J. J.; JACOVINE, L. A. G.; VALADARES, J. H.; FERNANDES, M. A. S.; SILVA, E. C. G. Estudo da relação de confiança em programa de fomento florestal na indústria de celulose na visão dos produtores rurais. **Árvore**, v.33, n.4, p.723-732, 2009.

SIQUEIRA, J. D. P., LISBOA, R. S., FERREIRA, A. M., SOUZA, M. F. R., ARAÚJO, E., LISBÃO-JÚNIOR, L., SIQUEIRA, M. M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S.A. e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. **Floresta**, ed. especial, p.3-67, 2004.

SOUZA, U. R.; SILVA, F. L.; GRIFFITH, J. J.; LIMA, J. E.; QUINTELA, M. C. A.; COSTA, E. C. V. Determinantes de novos contratos de fomento florestal na mesoregião do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Árvore**, v.33, n.2, p.377-386, 2009.

VAINIO, A., PALONIEMI, R. Forest owners and power: a Foucauldian study on Finnish forest policy. **For. Policy Econ.**, v.21, p.118–125, 2012.

### **CAPÍTULO III**

#### **COMPARAÇÃO DA REGULAÇÃO FLORESTAL EM PROJETOS DE FOMENTO COM ÁREAS PRÓPRIAS DE EMPRESAS FLORESTAIS**

**RESUMO:** Neste estudo, comparou-se o planejamento florestal de projetos de fomento com áreas próprias de empresas florestais. A área total das empresas contempladas no estudo foi cerca de 41.000 ha distribuída em 300 talhões, e a área de fomento considerada foi cerca de 2.500 ha distribuída em 144 propriedades. O planejamento envolveu a programação linear das áreas com objetivo de maximizar o Valor Anual Equivalente, sujeito às restrições obrigatórias de limite de área. Dois cenários foram avaliados: a) modelo individual - áreas dos fomentos e das empresas em modelos separados, e b) modelo único – áreas dos fomentos e das empresas em um mesmo modelo de programação. Em ambos cenários, o impacto da regulação florestal foi comparado otimizando-se os modelos sem e com restrições de regulação por área. A diferença da solução final dos fomentos devido às restrições de regulação aumentou de 8% no modelo individual para 21% no modelo único. Já nas áreas próprias esta diferença diminuiu de 15% para 14%, indicando que o processo trouxe pequena vantagem para as empresas e maior desvantagem aos proprietários rurais. Verificou-se ainda que, caso a madeira fosse vendida em pé, pela metade do preço atual, sem considerar custos de colheita e transporte, os fomentos passariam a ser favorecidos pelo modelo único, cujo custo de regulação foi de 6,5%.

Palavras-chave: Planejamento florestal, regimes de manejo, otimização florestal.

## 1. INTRODUÇÃO

Como alternativa para se evitar a formação de grandes latifúndios, várias empresas florestais têm adotado o fomento para aproximar a participação dos pequenos proprietários na produção de madeira. Essa estratégia possibilita a oferta de matéria prima à empresa sem que ela assuma os custos envolvidos na aquisição e administração das terras permite o aproveitamento de áreas ociosas e favorece a manutenção da população rural no campo (OLIVEIRA, 2003; SILVA et al., 2009).

Em geral, no fomento privado, o contrato entre empresa e produtor estabelece o fornecimento de mudas clonais, fertilizantes, recursos financeiros e assistência técnica por parte da empresa. Em contrapartida, os produtores ficam responsáveis pelo plantio, manutenções, colheita e transporte florestal (SILVA et al., 2009, HLAING e INOUE, 2013). Na colheita, o contrato de fomento ainda determina que o produtor deve vender a maior parte da produção para a empresa, geralmente acima de 90%. Caso o produtor queira vender para outros mercados, deverá pagar multa por rescisão de contrato (SOUZA et al., 2009).

As ferramentas de manejo e planejamento da produção florestal estão bem adequadas às empresas de reflorestamento, mediante controle presente e futuro do estoque florestal (PITTMAN et al., 2007; BEAUDOIN et al, 2008). Uma vez que o fomento envolve pequenas e médias propriedades, os modelos de planejamento florestal empregados pelas empresas florestais não são diretamente aplicados, ficando sua época de intervenção determinada pela idade técnica de corte.

Segundo Clutter et al. (1983), o real papel do manejador é gerenciar de modo inteligente, estruturas florestais não estáveis ou não balanceadas. Problemas de colheita sempre levam à necessidade de maximizar o retorno financeiro ou minimizar o custo e atendimento de certas restrições que influenciam nas decisões, levando à necessidade de uso de técnicas de análises mais sofisticadas, como os modelos de Pesquisa Operacional (PO).

Em empresas de base florestal, a demanda periódica de madeira é a principal restrição nos problemas de programação matemática. O planejamento tem como objetivo principal garantir o abastecimento regular às indústrias, e seu controle pode ser feito via programação linear por meio de restrições de regulação florestal (DYKSTRA, 1984; LEUSCHNER, 1990; BUONGIORNO e GILLESS, 2003).

Neste sentido, a regulação florestal em propriedade de fomento pode ser uma forma de atender às demandas de madeira das empresas além de garantir receitas regularizadas ao longo do tempo, tornando o programa de fomento mais atrativo. Para isso, pode ser interessante realizar o planejamento destas áreas fomentadas do mesmo modo como é feito nas unidades de manejo das empresas, podendo até incluir essas áreas em um planejamento único para melhor controle da produção.

As pesquisas que envolvem os trabalhos de regulação da produção avançaram no sentido de incluir diferentes fatores nos processos de otimização, permitindo que as técnicas do manejo florestal sejam melhoradas (RODRIGUES, 2001; CASTRO, 2007; BINOTI, 2010; CAVALCANTE, 2011; MONTE, 2012). Todavia, até o momento, são poucos registros de estudos que avaliem o comportamento da produção com inclusão de áreas de fomento nas rotinas de otimização. Esta inclusão pode ser importante, também, sob o aspecto social.

Visando compreender melhor a inclusão dos fomentos no planejamento florestal, o objetivo deste trabalho foi comparar a participação do fomento na regulação da produção com áreas próprias de empresas florestais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado com informações obtidas de dois tipos de áreas com plantio de eucalipto encontradas no estado de Minas Gerais. O primeiro refere-se a áreas de fomentos florestais com contratos de fornecimento de madeira a empresas florestais, enquanto que o segundo tipo, são unidades de manejo florestal das próprias empresas. A área total das empresas contemplada no estudo foi de 41.000 ha distribuída em 300 talhões, enquanto que, para os fomentos, foi de cerca de 2.500 ha, envolvendo 144 propriedades rurais.

As informações necessárias ao trabalho foram disponibilizadas pelas empresas, sendo: área plantada (ha) por tipo de posse da terra, idade atual dos povoamentos (anos), estimativa da produção ( $m^3ha^{-1}$ ) por regime de manejo no momento do corte, e distância dos fomentos em relação ao pátio de estocagem das empresas.

O manejo das áreas é realizado alternando-se entre regimes de alto fuste e talhadia. Na tabela 1 estão os custos florestais por ano de ocorrência e regime de manejo.

De acordo com o contrato de fomento, os insumos e assistência técnica são subsidiados pelas empresas como incentivo ao programa, e, portanto, são custos que incidem para as empresas. Os demais custos ficam por conta do proprietário. No entanto, os custos de implantação, condução e manutenção 1 e 2, são repassados pelas empresas e descontados dos proprietários na ocasião da colheita.

Nos insumos estão inclusos custos com formicida, cupinicida, adubos, mudas e herbicida. Para o regime de talhadia os insumos são os mesmos, porém sem a necessidade do fornecimento de mudas.

Os custos da Tabela 1 também foram considerados para as áreas próprias, com exceção da colheita e transporte que, neste caso, não foram aplicados.

Tabela 1 – Descrição dos custos florestais por ano de ocorrência e regime de manejo utilizados no estudo.

Descrição	Ano	Alto fuste (R\$/ha)	Talhadia (R\$/ha)
Insumos	0	1.939,54	1.550,69
Assistência técnica	0	130,11	130,11
Implantação/condução	0	1.050,00	434,00
Manutenção	1	240,00	240,00
	2	210,00	210,00
Custo anual da terra	0-n	120,00	120,00
Colheita (R\$/m <sup>3</sup> )*	n	15,42	15,42
Transporte (R\$/m <sup>3</sup> /km)*	n	0,23	0,23

\* aplicado somente nas áreas de fomento

A distância média das propriedades rurais em relação às empresas foi de 150 km. Todas as estradas foram consideradas de mesma qualidade, com tráfego permitido ao longo de todo o ano.

A produção dos fomentos foi estimada com ajuste de equações logística com dados de parcelas permanentes medidas pelas empresas florestais. No regime de talhadia, a produção foi determinada adotando-se 10% de desconto em relação ao regime de alto fuste.

Para o planejamento das áreas, foi utilizado o modelo tipo I de programação linear (JOHNSON e SCHEURMAN, 1977), com objetivo de maximizar o Valor Anual Equivalente - VAE (SILVA e FONTES, 2005) seguido das restrições obrigatórias de área de corte, regulação florestal e demanda anual mínima e máxima, conforme formulações:

Função objetivo:

$$Max Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m VAE_{ij} X_{ij}$$

Restrições:

$$\text{Área:} \quad \sum_{j=1}^m X_{ij} = A_i \quad i = 1, \dots, n$$

$$\text{Regulação:} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ijk} = \frac{A}{R} \quad k = H - R, \dots, H - 1$$

*Para  $H > R$*

$$\text{Limites de demanda:} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ijk} X_{ij} \leq (1 \pm \alpha) D_k \quad k = 1, \dots, H - 1$$

em que:  $H$  = horizonte de planejamento;  $VAE_{ij}$  = valor anual equivalente por hectare da área  $i$ , na opção de manejo  $j$ ;  $X_{ijk}$  = variável de decisão referente ao tamanho (ha) da área de manejo  $i$ , no período  $k$ ;  $A_i$  = tamanho (ha) da área de manejo  $i$ ;  $A$  = área total (ha);  $R$  = idade regulatória;  $V_{ijk}$  = volume por hectare da área  $i$ , na opção de manejo  $j$ , do período  $k$ ;  $D_k$  = demanda de volume de madeira no período  $k$ ;  $\alpha$  = fator para limites da demanda anual.

As alternativas de manejo do modelo foram geradas considerando opções de corte de 5 a 8 anos e o horizonte de planejamento adotado foi de 16 anos (períodos anuais). De posse das alternativas, dois cenários foram criados para comparação: modelo individual sem e com restrições de regulação (a), e modelo único sem e com restrições de regulação (b).

O modelo individual (cenário a) envolveu a otimização das áreas de fomento em separado das áreas próprias. Este cenário serviu ainda de base para comparação do efeito da regulação quando os fomentos são inseridos em um planejamento único com as áreas das empresas (cenário b).

Para o cálculo do VAE dos fomentos foi considerado no fluxo de caixa os custos de colheita e transporte até os pátios das empresas, como consta em contrato. Para as áreas próprias, considerou-se a madeira em pé, não incidindo, portanto, tais custos no fluxo de caixa. Desta forma, o preço atualmente pago pela madeira de fomento foi de R\$ 69,37/m<sup>3</sup>, enquanto que para a madeira em pé foi determinado a metade deste valor (R\$34,69/m<sup>3</sup>).

Para a elaboração de um modelo único de planejamento (cenário b) estas diferenças no fluxo de caixa podem favorecer ou não alguma área em particular, para os fomentos ou para os talhões (próprias). Assim, para o cenário b, as seguintes situações foram testadas: b.1) considera a madeira em pé somente para as áreas próprias e, b.2) considera a madeira em pé tanto para as áreas de

fomento quanto para as áreas próprias das empresas. Posteriormente, no cenário b.1, foi testado também o efeito das restrições de controle de demanda da produção periódica para comparação com cenário a.

Para os modelos com restrição de regulação, a rotação regulatória (R) foi de 7 anos. Assim, para formular este conjunto de restrições, a área de corte anual (ACA) foi calculada por tipo de posse da terra, dividindo-se a área (A) pela idade R ( $ACA = A / R$ ), conforme proposto por Dykstra (1984). A restrição de regulação florestal foi aplicada nos sete últimos períodos, para que as áreas representem todas as classes de idade ao final do planejamento.

A taxa de juros adotada foi de 5% ao ano. Este valor foi o mesmo adotado pelos bancos credenciados pelo BNDES no programa ABC para financiamento de projetos de implantação e manejo de florestas comerciais, no ano de 2014.

O conjunto de restrições de produção para o cenário b estabelece o volume total que deve ser colhido anualmente. Para isso, as áreas de fomento e próprias devem atender a demanda anual total das empresas, a qual foi estipulada em 2.124.000 m<sup>3</sup>. Para permitir flexibilidade do modelo nesse conjunto de restrições, variou-se a demanda em 10% para valores mínimos e máximos ( $\alpha = 0,1$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das áreas de fomento e das próprias empresas florestais é apresentada na Figura 1. A participação dos fomentos é bem inferior às áreas próprias (apenas 6% do total). Ainda, as áreas próprias se distribuem em maior amplitude de idade e com algumas unidades de manejo antigas, acima de 10 anos.

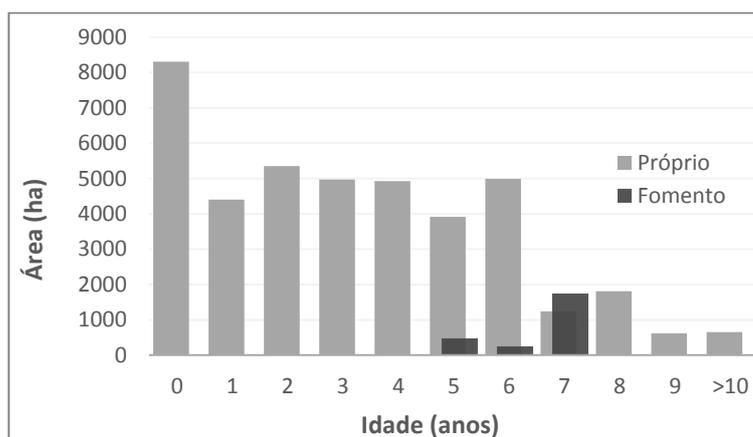


Figura 1 – Distribuição das áreas próprias das empresas e dos fomentos por idade.

#### 3.1. Modelo de programação individual (cenário a)

Os resultados da otimização individual das áreas, para os modelos com e sem restrições de regulação florestal, são apresentados na Tabela 2. Ainda, é apresentada a diferença percentual dos modelos para a solução ótima e para a produção total.

A área de corte anual obtida para os fomentos foi de 349 hectares e dos próprios foi de 5883 hectares. Para que as áreas de fomento fiquem reguladas ao final do planejamento, a solução da programação linear reduziu em 8% o VAE em relação ao modelo sem regulação. Para as áreas próprias a redução foi maior, 15%. Comparando a produção das áreas, observa-se que a redução também foi menor para o fomento.

Tabela 2 – Diferenças do VAE global (R\$) e produção total (m<sup>3</sup>) para os modelos individuais (próprio e fomento), sem e com restrições de regulação florestal.

Restrições	Solução (Z*): VAE global (R\$)		
	Fomento	Próprio	Total
Sem regulação	1.306.294,69	37.977.950,78	39.284.245,47
Com regulação	1.200.781,74	32.272.580,47	33.473.362,21
Diferença	8,08%	15,02%	14,79%
Restrições	Produção total (m <sup>3</sup> )		
	Fomento	Próprio	Total
Sem regulação	1.923.140,40	35.967.355,79	37.890.496,19
Com regulação	1.720.860,02	30.939.970,82	32.660.830,84
Diferença	10,52%	13,98%	13,80%

Como esperado, a redução do VAE se deve à mudança de regime de manejo das unidades para atender às restrições de regulação do modelo. Para as áreas de fomento, foi observado que 20% permaneceram na mesma prescrição, ou seja, estas propriedades não foram influenciadas pela regulação, enquanto que a maioria, 80%, teve que mudar para prescrições de menor retorno econômico.

Para as áreas próprias, 15,4% das unidades de manejo (talhões), continuaram na prescrição do modelo inicial sem regulação e 84,6% para as prescrições de menor VAE. Dessa forma, a diferença entre o modelo antes e depois da regulação para as áreas próprias das empresas foi maior, pois a porcentagem das áreas que mudaram de regime também é maior quando se compara a regulação dos fomentos.

O efeito da regulação da produção por período de planejamento está ilustrado na Figura 2 para os dois modelos por tipo de área. Para o modelo com regulação, pode-se observar o efeito da regulação no final do planejamento, pelo crescimento crescente da produção nos últimos períodos. Assim, ao final do planejamento, as áreas estarão com todas as classes de idade.

A área de corte anual obtida para os fomentos foi de 349 hectares e do próprio foi de 5883 hectares. Para que as áreas de fomento fiquem reguladas ao final do planejamento, a solução da programação linear reduziu em 8% o VAE em relação ao modelo sem regulação. Para as áreas próprias a redução foi maior, 15%. Comparando a produção das áreas, observa-se que a redução também foi menor para o fomento.

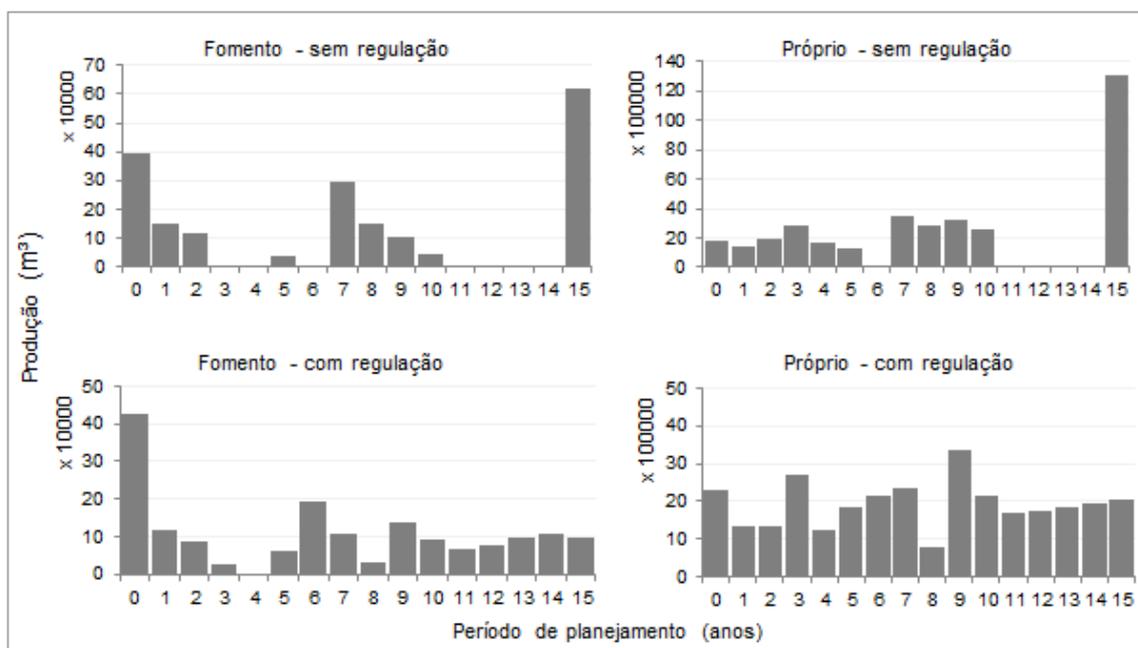


Figura 2 – Produção total (m³) por período de planejamento para as áreas de fomento e própria, sem e com o uso de restrições de regulação.

### 3.2. Modelo de programação único (cenário b)

Neste cenário foi definido que não haveria distinção entre as áreas próprias das empresas e dos fomentos. Dessa forma, ambas foram somadas para o cálculo da área de corte anual da restrição de regulação, cuja valor foi de 6.232 hectares (43.624 / 7).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da otimização deste modelo único de programação, no qual considera para os fomentos a madeira vendida no pátio das empresas e para as áreas próprias, a venda em pé (cenário b.1).

Tabela 3 - Diferenças do VAE global (R\$) e produção total (m<sup>3</sup>) para o modelo único (próprio e fomento), sem e com restrições de regulação florestal.

Restrições	Solução (Z*): VAE global (R\$)		
	Fomento	Próprio	Total
Sem regulação	1.306.294,69	37.977.950,78	39.284.245,47
Com regulação	1.031.505,09	32.585.980,84	33.617.485,93
Diferença	21,04%	14,20%	14,43%
Restrições	Produção total (m <sup>3</sup> )		
	Fomento	Próprio	Total
Sem regulação	1.923.140,40	35.967.355,79	37.890.496,19
Com regulação	1.430.165,51	31.211.604,85	32.641.770,36
Diferença	25,63%	13,22%	13,85%

A inclusão de restrições em qualquer modelo de programação matemática que maximize a função objetivo, faz a solução ótima diminuir. Neste cenário de modelo único, a redução da solução final foi de 14,43%. Porém, quando observada separadamente por tipo de área (Tabela 3), verificou-se que as restrições de regulação penalizaram muito mais as áreas de fomento (21%) do que as áreas próprias (14%). Isto não é observado no modelo individual (cenário a), no qual a diferença dos fomentos foi de apenas 8%.

Comparando ainda o número de áreas que mudaram de alternativa de manejo quando aplicada a regulação 93% dos fomentos mudaram de prescrição para menor VAE, sendo maior em relação ao cenário anterior (80%), enquanto que apenas 7% continuaram na mesma prescrição.

Para as áreas próprias, 16,4% mantiveram-se na mesma prescrição e 83,6% mudaram para prescrições de menor VAE menor que o cenário a (84,6).

Do ponto de vista das empresas, a regulação do modelo único trouxe um leve benefício econômico. A diferença do VAE entre os cenários a e b das áreas próprias com regulação foi de +0,83%, o que correspondeu a um ganho de R\$ 313.400,37 no VAE global destas áreas.

Estas diferenças estão associadas com o coeficiente tecnológico das unidades de área. Enquanto que o VAE médio por hectare dos fomentos foi de R\$ 521,25, para os talhões das empresas foi de R\$ 816,92. Isto quer dizer que as áreas possuem diferentes fluxos de caixa para cálculo do VAE. De fato, neste cenário (b.1) as unidades próprias não tiveram custos de colheita e transporte e, apesar do preço da madeira ser a metade do considerado para fomento, seus coeficientes (VAE/ha) que compõe o modelo, foram sempre maiores. Assim, como o objetivo é maximizar lucro, a otimização sempre prioriza maiores coeficientes,

deixando a penalização das restrições incidirem mais sobre coeficientes menores, no caso, as áreas de fomento.

Dito isto, o cenário *b* foi novamente elaborado considerando, para ambas as áreas, o preço de R\$ 34,69/m<sup>3</sup> para venda da madeira em pé (cenário b.2). Os resultados para o custo de regulação para os fomentos indicaram, neste cenário, um percentual de 6,55%, ou seja, uma redução de 0,81% quando comparado ao resultado do cenário *a*, cujo novo valor encontrado foi de 7,36%. Assim, os fomentos foram agora favorecidos pelo modelo único, uma vez que os coeficientes do modelo (VAE) aumentaram para uma média de R\$ 1.367,67/ha, sendo superior à média dos coeficientes das áreas de propriedade das empresas.

Diante destas diferenças observadas, algumas deduções podem ser feitas. As áreas próprias das empresas podem ser consideradas como projetos florestais independentes, pois não possuem doações de insumos e de mudas como nos fomentos e consideram a venda de madeira em pé. Se, quando considerados os custos de colheita e de transporte para os fomentos (cenário b.1) o VAE/ha médio foi menor que das áreas próprias e, quando não considerado (cenário b.2) foi maior, então, para o produtor rural é mais vantajoso abrir mão das doações do programa e vender a madeira em pé para as empresas à metade do preço atualmente praticado, uma vez que o fluxo de caixa dos fomentos consideraria custos e receitas comparáveis às áreas próprias e assim seus coeficientes estariam mais equilibrados.

No entanto, isto não pode ser sempre afirmado pois a produtividade das áreas também influencia no fluxo de caixa. Nos talhões das empresas as atividades silviculturais são mais bem realizadas, enquanto que nos fomentos, apesar da assistência técnica oferecida pela empresa, os proprietários podem realizá-las de diferentes maneiras, prejudicando a qualidade do povoamento. Assim, mesmo em locais de melhor capacidade produtiva, a produtividade esperada pode não ser alcançada.

Para o cenário atual dos fomentos (b.1), as propriedades podem ser favorecidas com o planejamento único caso ocorra aumento no preço da madeira, melhores incentivos do programa pelas empresas e por órgãos públicos, melhoria das práticas silviculturais, etc.

Outra questão quanto ao modelo único (cenário b.1) é se ele poderia ser aplicado sem prejudicar os fomentos. Neste caso é possível se adicionar às

restrições deste modelo o conjunto de restrições de regulação do modelo individual, para que ao final do período o inventário dos fomentos esteja com idades de 1 a R anos.

Esta situação foi testada neste estudo, cujos resultados estão na Figura 3, em que: (a) representa a produção para o período de planejamento do modelo único e (b) o modelo único incluindo restrições de regulação dos fomentos.

A inclusão destas restrições no modelo para manter as áreas de fomento em uma estrutura regulada com as áreas das empresas, retorna aos mesmos resultados do cenário individual (cenário a), independentemente do tipo de área. Assim, a figura 3(b) representa a mesma situação da figura 2 para a regulação das áreas.

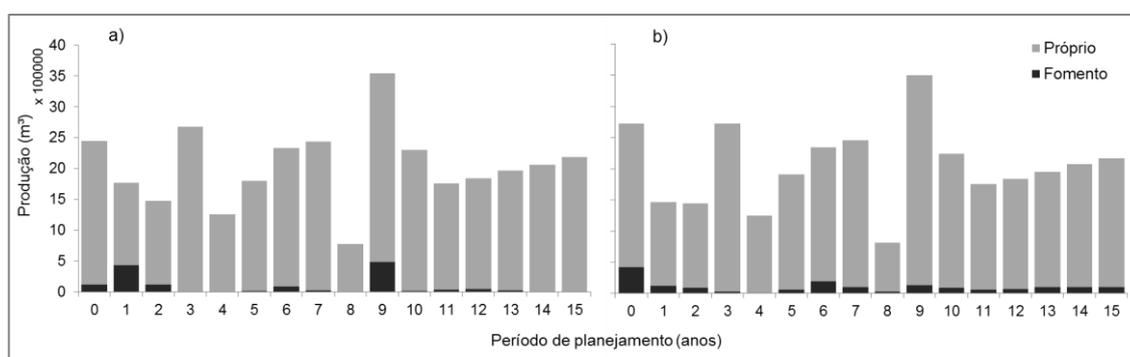


Figura 3 – Produção total (m³) por período de planejamento para as áreas próprias e de fomento, com restrições de regulação; a) modelo único; b) modelo único com restrições de regulação das áreas de fomento.

Ainda, nesta situação, pode ser desejado que o fornecimento de madeira para a indústria não tenha muita variação na produção durante os períodos. Então, o modelo único mantendo a estrutura regulada dos fomentos pode ser mais útil no planejamento global, com a inclusão das restrições de demanda.

Na Figura 4, estão os resultados para o modelo único incluindo restrições de produção variando em 10% da demanda industrial (2.124.000 m³.ano<sup>-1</sup>). Esta nova situação procura equilibrar os planejamentos das áreas sem trazer desvantagens a uma das partes. Comparando com o modelo único, este modelo teve muito menos impacto no VAE dos fomentos, cuja diferença foi de 8,33%, comparável ao cenário a (Tabela 2).

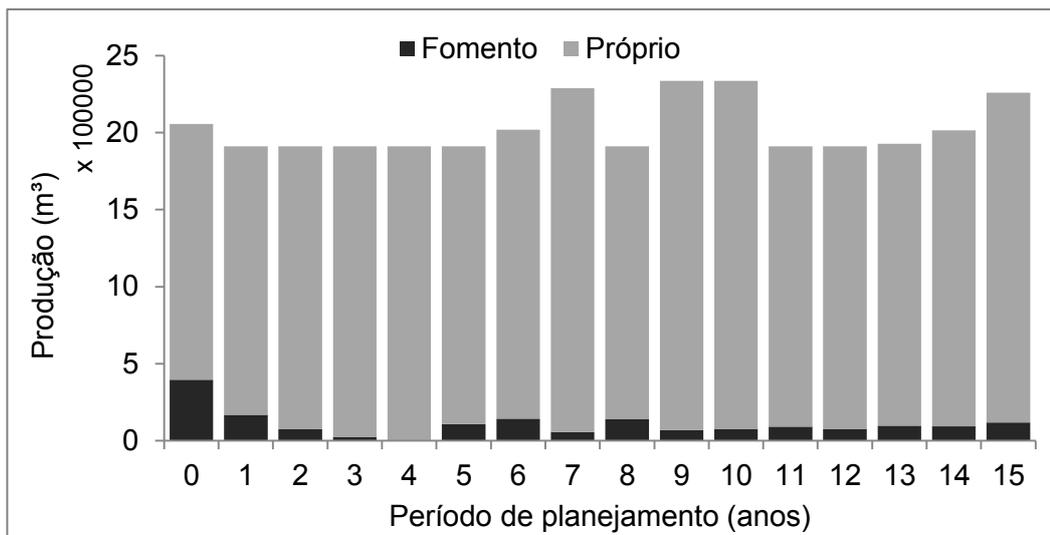


Figura 4 – Modelo de programação único com restrições de equilíbrio da produção e regulação dos fomentos.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi possível determinar o efeito da regulação florestal nas áreas de fomento e próprias de empresas florestais. Houve redução do VAE devido à mudança de regime de manejo das unidades para atender às restrições de regulação do modelo.

Em comparação com o modelo único, no qual o planejamento das áreas de fomento é feito juntamente com planejamento das áreas das empresas florestais, os resultados foram desfavoráveis para o proprietário rural fomentado. A diferença da solução final devido às restrições de regulação aumentou de 8% no modelo individual para 21% no modelo único. Já nas áreas próprias esta diferença diminuiu de 15% para quase 14%, indicando que o processo trouxe pequena vantagem para as empresas. No entanto, caso a madeira fosse vendida em pé pela metade do preço atual, sem considerar custos de colheita e transporte, os fomentos passariam a ser favorecidos pelo modelo único, cujo custo de regulação foi de 6,5%.

O planejamento único pode ser feito pelas empresas florestais sem prejudicar as áreas de fomento, desde que o conjunto de restrições de regulação sejam separadas por tipo de área. Assim, outras restrições como limite de demanda industrial podem ser inseridas sem afetar consideravelmente a solução dos fomentos.

Em outras situações, é provável que o modelo único venha favorecer os proprietários rurais, quando os coeficientes do modelo dos fomentos forem maiores que nas áreas próprias. Isto pode ser alcançado com aumento no preço da madeira, melhor incentivo do programa pelas empresas ou por órgãos públicos e melhoria das práticas silviculturais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BINOTI, D. B. **Estratégias de regulação de florestas equiâneas com vistas ao manejo da paisagem**. 2010. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. **Decision methods for forest resource and management**. California: Academic Press, 2003. 439 p.

CASTRO, R. R. **Regulação de florestas equiâneas incluindo restrições de adjacência**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CAVALCANTE, R. B. L. **Planejamento de povoamentos de eucalipto com condicionantes hidrológicos: um estudo de caso em Eldorado do Sul-RS**. Porto Alegre-RS. 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CLUTTER, J. L.; FORSTON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach**. 3, ed. New York: John Wiley, 1983. 333p.

DYKSTRA, D. P. **Mathematical programming for natural resource management**. New York: McGraw-Hill, 1984. 318 p.

HLAING, E. E. S., INOUE, M. Factors affecting participation of user group members: comparative studies on two types of community forestry in the Dry Zone, Myanmar. **J. For. Res.**, v.18, p.60–72, 2013.

JOHNSON, K. N.; SCHEURMAN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives: discussion and synthesis. **Forest Science**. Monograph, n.18, p.1-31, 1977.

LEUSCHNER, W. A. **Forest regulation, harvest scheduling, and planning Techniques**. New York: John Wiley, 1990. 281 p.

MONTE, M. **Inclusão de critérios sociais na modelagem matemática do planejamento florestal**. 2012. 74 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

OLIVEIRA, P. R. S. **Diagnóstico e indicadores de sustentabilidade em fomento florestal no Estado do Espírito Santo**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

RODRIGUES, F. L. **Metaheurística e sistema de suporte à decisão no gerenciamento de recursos florestais**. 2001. 253 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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

SILVA, F. L.; GRIFFITH, J. J.; JACOVINE, L. A.; VALADARES, J. H.; FERNANDES, M. A. S.; SILVA, E. C. G. Estudo da relação de confiança em programas de fomento florestal de indústria de celulose na visão dos produtores rurais. **Árvore**, v. 33, n.4, p.723-732, 2009.

SOUZA, U. R.; SILVA, F. L.; GRIFFITH, J. J.; LIMA, J. E.; QUINTELA, M. C. A.; COSTA, E. C. V. Determinantes de novos contratos de fomento florestal na mesoregião do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Árvore**, v.33, n.2, p.377-386, 2009.

## **CAPÍTULO IV**

### **REGULAÇÃO FLORESTAL COOPERATIVA PARA PEQUENAS PROPRIEDADES**

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar um processo de regulação cooperativa entre produtores florestais em comparação com a regulação tradicional individual das propriedades. Foram utilizadas 20 propriedades florestais como exemplo para elaboração de três cenários de regulação florestal: 1) regulação individual das propriedades, 2) regulação conjunta e 3) regulação cooperativa. O Valor Presente Líquido (VPL) dos cenários foram otimizados a partir de modelos de programação matemática, e comparados com um cenário base, sem regulação florestal. Para a regulação cooperativa proposta, as propriedades tiveram um fator de proporção para distribuição da renda líquida anual, calculado a partir do resultado do cenário base. Comparando os resultados da maximização do VPL dos cenários 1 e 3 com o cenário sem regulação, o custo da regulação individual foi, em média, de 25%, enquanto que para regulação cooperativa foi de 11%, ou seja, redução 14% no custo da regulação das propriedades. A regulação cooperativa apresentou ainda a vantagem de menor divisão das áreas das propriedades quando comparado à regulação individual.

Palavras-chave: Manejo florestal, propriedades rurais, produtores florestais.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas com plantios florestais no Brasil são em grande parte de domínio de empresas florestais. Anualmente estas empresas aumentam suas áreas plantadas em atendimento à demanda crescente por produtos florestais. Junto à este crescimento, pequenos produtores rurais e investidores independentes são atraídos pelo setor florestal, que passam a contribuir na oferta de madeira e influenciar o mercado local.

No entanto, o desconhecimento de um mercado potencial, o manejo inadequado das áreas de plantio e a falta de informação sobre novas técnicas podem tornar a atividade florestal inviável economicamente em pequenas áreas. Por outro lado, um novo mercado pode surgir e novas indústrias podem ser atraídas caso a oferta de madeira com controle e qualidade aumente em uma região. De acordo com Davis (1966) pequenos proprietários podem, individualmente, ser incapazes de manejar suas áreas de forma eficaz e comercializar seus produtos.

Kittredge (2005) aponta que pequenos proprietários possuem interesse em desenvolverem um planejamento cooperativo e estratégias de manejo em uma escala que excede os limites da propriedade individual. Segundo o autor, o conceito de uma cooperativa é atrativo por vários motivos. Primeiro, ela representa a vontade de cooperar com outros proprietários em escala regional em troca de oportunidade em obter outros benefícios inatingíveis isoladamente. Segundo, nela ocorre troca de experiências com outros proprietários de espírito silvicultor e sensíveis à conservação dos recursos naturais. Ainda, os proprietários acabam querendo buscar alguma forma de certificação verde.

Os proprietários em um sistema cooperativo podem compartilhar o interesse em contribuir para a economia local através do fornecimento de produtos

de madeira, tanto para o processamento primário quanto secundário. Podem buscar novas técnicas, compartilhar informações, equipamentos e experiências, além de melhorar sua voz coletiva na arena política (YOUNG e REICHENBACH, 1987; ASHTON et al., 2008; STERN et al., 2011)

Em nível local, cooperativas têm desempenhado um papel em alterar acordos de mercado, filosofias de gestão e, de outra forma, desafiado o status quo (RICKENBACH, 2009). Podem negociar o preço de seus produtos florestais uma vez que, em cooperativa, o volume de madeira produzido é maior. Eles podem atender maior demanda de mercado além de ofertarem multiprodutos florestais (KITREDGE, 2005; RAUCH, 2007; ASHTON et al., 2008).

Neste sentido, o planejamento florestal adequado em propriedades rurais deve ser feito com base em critérios econômicos e de manejo. Manejar as áreas em um ciclo de corte único ou por regulação florestal pode fazer diferença na viabilização de projetos florestais em cooperativa. Segundo Davis (1966), para um proprietário particular é muito importante obter um equilíbrio aproximado entre as receitas e despesas anuais. Impostos sobre terra, capital e outros custos, são anualmente pagos; com a regulação, o controle financeiro é facilitado, promovendo-se equilíbrio entre despesas e receitas.

O objetivo de uma floresta regulada está fortemente ligado ao conceito de produção sustentável e portanto, obtém-se uma produção mais equilibrada nos períodos de planejamento (DAVIS, 1966; LEUCHNER, 1990).

Apesar de se reconhecer a existência de discrepâncias entre a idade ideal de corte de uma área manejada isoladamente e a rotação ótima de uma floresta regulada (NAUTIYAL, 1988), a primeira tem sido frequentemente utilizada como substituto adequado para a segunda (BUONGIORNO e GILLES, 1987). Em pequenas propriedades, cuja renda é obtida não somente pela produção florestal, as técnicas clássicas de regulação podem ser empregadas e ainda melhoradas caso os proprietários se unam com objetivo de conquistar um mercado mais promissor de produtos florestais e aumentar a renda florestal.

Esta estratégia também pode ser ligada à proposta de certificação em grupo, para pequenos produtores. A certificação em grupo pode permitir a cada integrante se beneficiar de mercados maiores, sem perder o controle do manejo de sua área florestal, já que reúne um grande número de pequenas áreas num mesmo grupo (FSC, 2012).

Diante da necessidade de melhorar o manejo e comercialização dos produtos florestais em pequenas propriedades rurais, este trabalho teve como objetivo avaliar uma proposta de regulação florestal cooperativa na obtenção de receitas anuais para produtores rurais e compará-la com a regulação individual das propriedades.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para esta pesquisa, foi considerado um estudo de caso com 20 propriedades rurais com potencial para produção de madeira de eucalipto. Os dados referentes à idade, tamanho e produtividade das áreas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Informações de área de plantio, idade atual (anos) e produtividade aos 6 anos (IMA6) por propriedade rural.

Propriedade	Idade atual	Área (ha)	IMA6 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Propriedade	Idade atual	Área (ha)	IMA6 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
01	4	6,02	39,45	11	6	12,03	27,83
02	4	21,32	27,50	12	5	5,24	48,78
03	4	8,45	35,34	13	5	9,66	41,08
04	4	5,36	38,62	14	5	18,18	44,52
05	4	7,50	46,11	15	5	12,89	42,10
06	5	34,65	45,82	16	5	4,91	44,69
07	5	7,57	39,37	17	5	6,56	41,19
08	6	5,62	42,63	18	6	19,50	48,25
09	6	23,08	32,85	19	5	7,94	50,08
10	5	6,80	49,82	20	6	6,29	34,26

Área total: 229,57 hectares

Os custos de plantio e manutenção dos povoamentos são mostrados na Tabela 2. Estes custos também foram computados de forma acumulada até a idade atual das propriedades. Os custos de colheita e de transporte não foram considerados, sendo a madeira vendida em pé ao preço de R\$ 34,69/m<sup>3</sup>.

A produção de madeira no regime alto fuste foi estimada de acordo com a equação ajustada por propriedade. Para os ajustes foram utilizados dados de parcelas permanentes medidas nos povoamentos. Para o regime de talhadia, a produção na idade de corte foi considerada 10% a menos que a produção do regime de alto fuste.

Tabela 2 – Custos florestais por ano e regime de manejo.

Descrição	Ano	Alto fuste (R\$/ha)	Talhada (R\$/ha)
Insumos	0	1.939,54	1.550,69
Reforma/Condução	0	1.050,00	434,00
Manutenção 1	1	240,00	240,00
Manutenção 2	2	210,00	210,00
Custo anual da terra	0-n	120,00	120,00

Para estimativa da produção foi utilizado o modelo logístico:

$$Y = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 e^{\beta_2 I}} + \varepsilon$$

em que:  $Y$  = produção ( $m^3ha^{-1}$ );  $\beta_i$  = coeficientes do modelo;  $I$  = idade em meses; e  $\varepsilon$  = erro de estimativa.

Tendo-se definido custos, produção e receitas, foram elaboradas diferentes prescrições de manejo para as propriedades, considerando as seguintes premissas:

- Horizonte de planejamento de 18 anos;
- Possibilidades de idade de corte entre 4 e 8 anos;
- As propriedades rurais podem ser manejadas nos regimes alto fuste, talhadia ou alternando a cada rotação;
- Idade técnica de rotação aos 6 anos;
- Período de transição de 6 anos;
- Propriedades com mesma capacidade produtiva.

Após gerar todas as possibilidades ou prescrições de manejo, foram criados modelos de programação linear para regulação da produção florestal. Para gerar estes modelos, deve-se definir uma função objetivo ou de maximizar ou de minimizar uma variável de decisão, e ainda, restrições de diversas naturezas que controlam a escassez dos recursos.

Neste trabalho, a função objetivo envolveu a maximização do Valor Presente Líquido (VPL) com uso de restrições de limite de área, área de corte anual e de limites mínimo e máximo de produção anual, definidos como:

Função Objetivo: 
$$Max VPL = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Restrição de limite de área: 
$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = A_i \quad \forall i \quad (2)$$

Restrição de regulação: 
$$\sum_{j=1}^m X_{ijk} = \frac{A_i}{R} \quad \forall k, i \quad (3)$$

Restrição de Produção Anual: 
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{ijk} X_{ij} \leq V_k \quad \forall k \quad (4)$$

em que:  $C_{ij}$  = coeficiente tecnológico (valor presente líquido por hectare) da propriedade  $i$ , na opção de manejo  $j$ ;  $X_{ijk}$  = variável de decisão referente à quantidade de área (ha) da propriedade  $i$ , assinalada na opção de manejo  $j$ , no período  $k$ ;  $A_i$  = área (ha) da propriedade  $i$ ;  $R$  = idade regulatória;  $V_{ijk}$  = Produção ( $m^3ha^{-1}$ ) da propriedade  $i$ , na opção de manejo  $j$ , no período  $k$ ;  $V_k$  = limites para a produção por período  $k$ .

O VPL da função objetivo (1) foi calculado considerando o fluxo de caixa em um horizonte de 18 anos de planejamento. Neste horizonte, os seis primeiros períodos foram definidos como o tempo de transição para regular o povoamento, conforme a idade de rotação definida. Assim, a cada ano do planejamento, deverá ser cortado 1/6 da área do povoamento.

Devido a algumas singularidades deste trabalho, o cálculo do VPL compreendeu diferentes componentes: custos acumulados até a idade presente, valor presente líquido dos seis primeiros períodos e valor presente líquido infinito ( $VPL_{\infty}$ ) do sexto ao décimo oitavo período. Desta maneira, o coeficiente tecnológico  $C_{ij}$  da função objetivo foi obtido somando todos os custos e receitas atualizados para o período zero do planejamento, denominado VPL composto, dado como:

VPL composto 
$$C_{ij} = Ca_{ij} + VPLt_{ij} + VPL_{\infty ij} \quad (5)$$

sendo:

Custos acumulados: 
$$Ca = \sum_{k=-p}^0 C_k \quad (6)$$

Valor Presente Líquido: 
$$VPL = \sum_{k=0}^5 \frac{R_k - C_k}{(1+i)^k} \quad (7)$$

Valor Presente Líquido Infinito: 
$$VPL_{\infty} = \frac{VPL(1+i)^t}{(1+i)^r - 1} \quad (8)$$

em que:  $Ca_{ij}$  = custos acumulados nos períodos  $-p$  a  $0$  da propriedade  $i$  na prescrição de manejo  $j$ ;  $p$  = período ou ano do primeiro plantio;  $VPL_t$  = valor presente líquido do período de transição, sendo o período inicial  $0$  e final  $5$ ;  $VPL_{\infty}$  = valor presente líquido infinito calculado do período  $6$  ao período  $17$ ;  $t$  = número total de períodos de planejamento;  $r$  = número de períodos após os períodos de transição.

O cálculo do  $VPL_{\infty}$  no coeficiente tecnológico  $C_{ij}$  da função objetivo foi utilizado por permitir a comparação entre as diferentes alternativas de manejo, uma vez que esta comparação é feita em um horizonte infinito. No entanto, o período de transição do povoamento foi considerado separado do  $VPL_{\infty}$  pelo fato deste período ocorrer apenas uma vez no horizonte de planejamento, ou seja, após a regulação do povoamento o período de transição não se repete no fluxo de caixa.

Para avaliar a proposta do sistema de regulação cooperativa, três cenários de regulação foram elaborados:

1 - Regulação individual: Neste cenário, as áreas (ha) de cada propriedade rural foram reguladas no sistema clássico de regulação por área utilizando as restrições (2) e (3).

2 - Regulação conjunta: Neste cenário a regulação foi realizada com todas as propriedades em um único modelo. Para isto, utilizou-se o modelo com a inclusão de restrições de equilíbrio da produção nos períodos do planejamento (eq. 4), cujo limite mínimo foi de  $9.500 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$  e máximo de  $11.500 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$ . Tais limites foram definidos arbitrariamente, com indicação do limite mínimo para produção em todos os períodos quando houve solução ótima factível ao gerar o modelo pelo *so/ver*.

3 - Regulação cooperativa: A proposta da regulação cooperativa tem a seguinte suposição: “proprietários rurais de uma região podem regular sua produção florestal e administrá-la em um sistema único de gestão, no qual custos e receitas totais são distribuídos anualmente a cada proprietário de forma proporcional a sua renda máxima anual”.

Para realizar a regulação cooperativa, três etapas foram necessárias. Primeiro, a renda máxima de cada propriedade foi obtida utilizando o modelo de programação com a função objetivo (eq. 1) e restrições obrigatórias (eq. 2), denominado cenário base. Segundo, obteve-se a solução do cenário de regulação conjunta com propósito de equilibrar a produção global (todas as propriedades) em todos os períodos de planejamento e conseqüentemente obter a renda líquida global por período. Por último, foi calculado um fator de proporção para cada propriedade a partir dos resultados da primeira etapa, para ser multiplicado com a receita líquida global da segunda etapa, obtendo, assim, uma ponderação desta receita em cada propriedade. O fator de proporção mencionado é dado como:

$$Fp_i = VPL_i / \sum_{i=1}^n VPL_i$$

em que:  $VPL_i$  = valor presente líquido composto obtido da solução do cenário base (sem regulação) para a propriedade  $i$ .

A segunda etapa mencionada se refere ao controle de volume anual conforme a equação 4, e, foi realizada pois as áreas de plantio não possuem árvores representando todas as idades, ou seja de 1 até a idade de corte. Como o objetivo da regulação cooperativa é obter renda anual mínima aos proprietários, fez necessário o uso desta restrição para o estudo.

Assim, é esperado que os proprietários obtenham renda em todos os períodos de planejamento sem a necessidade da regulação individual. Para comparar as características de cada cenário, foi realizada a comparação pela diferença dos resultados da solução ótima dos cenários de regulação com o resultado da solução do cenário base.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, apresenta-se o resultado do cenário base, que descreve o comportamento típico da otimização das áreas sem restrições de regulação.

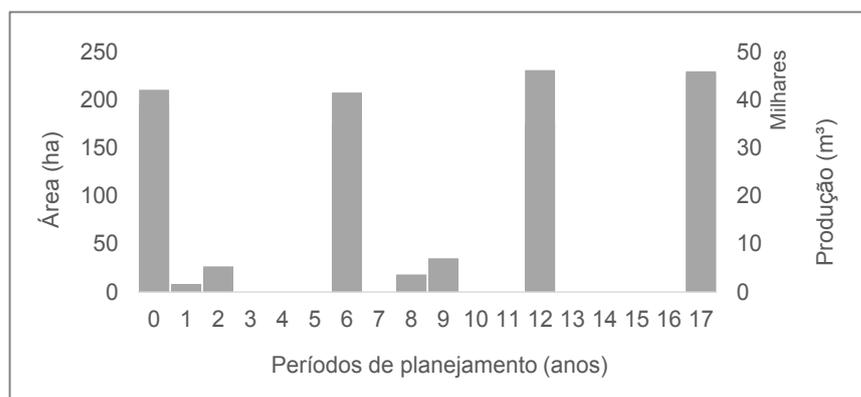


Figura 1 – Área cortada e produção total das propriedades por ano de planejamento no cenário base.

Neste cenário as áreas são cortadas no critério de máximo valor presente líquido composto, com controle dos limites de área de cada propriedade. Observa-se (Figura 1) que ocorrem períodos de planejamento sem produção devido às propriedades não terem plantios em todas as classes de idade (Tabela 1).

A partir deste cenário, pode-se comparar, pela Figura 2, o comportamento das áreas de corte e respectiva produção quando inseridas restrições de regulação individual (cenário 1).

A regulação individual exige que cada propriedade tenha 1/6 de sua área cortada anualmente no período de rotação de 6 anos. Esta exigência é bem representada pela quantidade de área total cortada em cada ano do planejamento, conforme gráfico esquerdo (Figura 2). Ainda neste gráfico, observa-se as áreas de

corte anual de cada propriedade em ordem crescente. Isto se deve à restrição (3) de regulação por área ser imposta por propriedade individual.

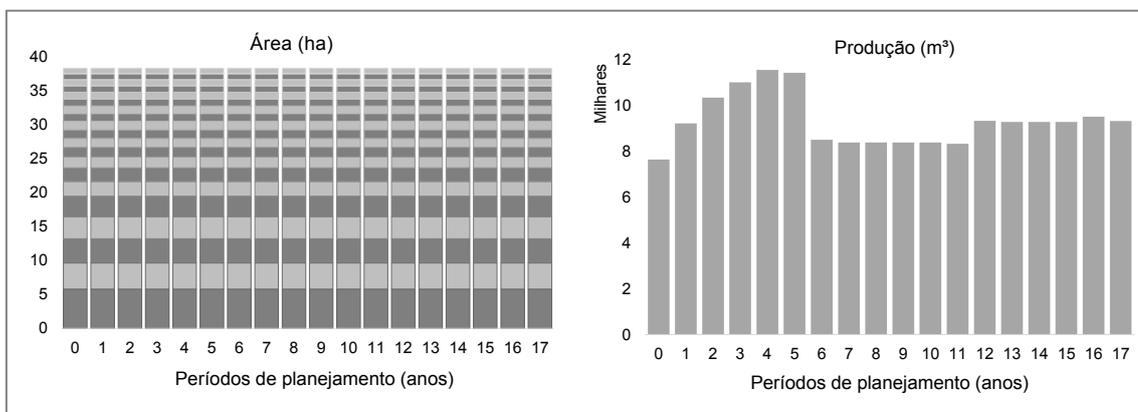


Figura 2 – Área cortada e produção total das propriedades por ano de planejamento no cenário de regulação individual.

A produção total também foi equilibrada em relação ao cenário base, computando volumes em todos os períodos de planejamento. Pelo gráfico à direita da Figura 2, nota-se o período de transição de 6 anos (períodos 0 a 5), necessário para que as propriedades estejam reguladas.

É importante lembrar que para este período de transição foi necessário permitir o corte de áreas acima do limite de idade de 8 anos, conforme premissas, pois, parte das áreas com idade atual de 6 anos, por exemplo, ficam para cortar no período 5 quando estiverem com 11 anos. Neste período, as áreas são cortadas e no período seguinte (6) farão parte da idade 1 do povoamento regulado.

Ainda na Figura 2, nota-se que à medida que as áreas vão sendo cortadas na transição, ocorre mudança de regime de manejo para talhadia. Por este motivo, o gráfico da produção na segunda rotação tem valores um pouco menor (10%) nos períodos 6 a 11, quando comparados com a terceira rotação (períodos 12 a 17).

A imposição de restrições de regulação por propriedade tem impacto muito forte na solução ótima do modelo quando comparado com cenário sem regulação. Na Tabela 3 estão os resultados da solução ótima em ordem crescente do VPL composto do cenário sem regulação, para o total e por propriedade, e comparação com VPL do cenário de regulação individual.

Tabela 3 – Resultados do VPL composto global (R\$) do cenário base (sem regulação) e do cenário 1 (regulação individual), com custo da regulação (absoluta e percentual) das 20 propriedades do estudo.

Propriedade	Sem regulação	Regulação individual	Custo	%
20	90.570,55	71.797,66	18.772,89	20,73
4	99.911,57	79.781,68	20.129,89	20,15
11	104.468,56	59.839,38	44.629,18	42,72
1	117.584,48	93.968,95	23.615,53	20,08
16	135.425,82	103.593,44	31.832,38	23,51
3	143.566,95	101.206,98	42.359,97	29,51
17	153.264,40	118.236,51	35.027,89	22,85
7	160.659,89	123.152,12	37.507,77	23,35
2	164.565,13	100.695,69	63.869,44	38,81
12	169.687,99	131.144,98	38.543,01	22,71
8	178.258,86	132.690,85	45.568,01	25,56
5	203.461,97	162.607,71	40.854,26	20,08
13	224.282,24	172.775,13	51.507,11	22,97
10	229.800,36	182.599,89	47.200,47	20,54
19	270.147,00	207.554,63	62.592,37	23,17
15	315.036,03	243346,87	71.689,16	22,76
9	368.450,98	265.917,17	102.533,81	27,83
14	497.263,97	380.161,26	117.102,71	23,55
18	657.804,98	481.388,91	176.416,07	26,82
6	1.002.657,09	770.965,44	231.691,65	23,11
Total	5.286.868,82	3.983.425,23	1.303.443,59	24,65

O custo da regulação foi de 25% para o total das propriedades, sendo que as propriedades 1 e 5 foram as menos afetadas, com 20%, enquanto que a propriedade 11 foi a mais afetada, 43%. O cálculo do VPL composto permite a comparação entre os dois cenários pois no fluxo de caixa o período de transição não é levado ao horizonte infinito. Assim, é possível confirmar que a maior renda é obtida quando o manejo das áreas é feito em rotação de corte raso, conforme Nautiyal, 1988.

Há grande discussão acerca das vantagens e desvantagens destes dois regimes de manejo. No entanto, convém destacar a vantagem da regulação em pequenas áreas rurais. A obtenção da receita anual pode ser mais importante na renda familiar dos proprietários. Não obstante, uma floresta regulada contribui mais para manutenção do ambiente, uma vez que o uso do solo ocorre parcialmente reduzindo perdas de nutrientes por erosão; tem-se melhor aproveitamento dos resíduos, menor impacto visual da paisagem, etc.

Esta contribuição ambiental está, portanto, relacionada ao custo de regulação, o que pode ser compreendido como uma necessidade de remuneração

por pagamento de serviços ambientais ao proprietário. Como exemplo, para a propriedade 1, poderia ser pago ao proprietário uma parcela única de R\$ 23.615,53 para que ele regule sua floresta e a mantenha assim daí em diante.

Face das dificuldades da regulação individual pelo método tradicional de regulação por área, pode ser mais interessante utilizar restrições de equilíbrio da demanda ou mesmo de receitas nos modelos de programação.

Na Figura 3 são apresentados os resultados de área e produção total para o cenário 2 de regulação conjunta.

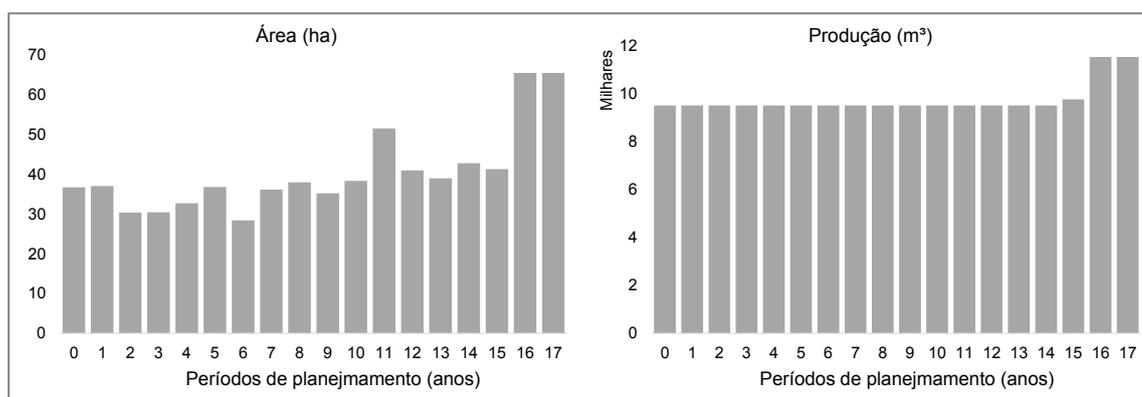


Figura 3 – Área de corte e produção total das propriedades nos períodos de planejamento para o cenário de regulação conjunta.

Neste cenário (2), observa-se o equilíbrio da produção ao longo dos anos de planejamento. Isto se deve à restrição mínima de produção  $9.500 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ . As áreas de corte possuem variação pois cada propriedade possui produção diferente, e como não há restrições de regulação por área neste modelo, ocorrem diferenças nas áreas cortadas entre os anos, com aumento para os dois últimos períodos. Este aumento se deve à idade mínima permitida para corte de 4 anos. A otimização procura maximizar o VPL escolhendo uma prescrição que apresenta corte em uma idade mais jovem para a última rotação, pois assim gera uma receita a mais do que se deixasse o povoamento sem cortar.

Este equilíbrio observado na produção (Figura 3) foi possível pois algumas propriedades foram divididas pela programação linear. Isto era esperado pois atualmente não há áreas plantadas em todas as classes de idade (1 a 6 anos). No entanto, esta divisão é menor quando comparada ao número de divisões do cenário de regulação individual. Ainda, no cenário 2 as propriedades em particular

não necessariamente apresentam renda anual, pois as restrições de produção periódica no modelo foram impostas somando todas as propriedades com corte no período  $k$  (eq. 4).

Diante da necessidade de obter renda para as propriedades individualmente, poderiam ser inseridas novas restrições de limite mínimo de produção anual em cada uma delas. No entanto, o resultado seria muito semelhante ao já apresentado no cenário de regulação individual, uma vez que não há variação de sítio nas propriedades, mas somente entre elas.

Contudo, a partir dos resultados da regulação conjunta, os proprietários podem ter renda anual se a receita líquida obtida do total das propriedades for distribuída proporcionalmente à sua participação ou contribuição. Conforme descrito na metodologia, esta proporção pode ser calculada pela razão do VPL da propriedade pelo VPL global, obtidos do resultado do cenário base.

Para comparação do cenário 2 (regulação conjunta) com cenário 3 (regulação cooperativa), é, apresentada nas Figuras 4 e 5, a receita líquida das vinte propriedades por ano de planejamento.

Tanto na Figura 4 quanto na Figura 5 se observa a diferença dos dois cenários. Na regulação conjunta (a) as receitas das propriedades ocorrem em alguns períodos do planejamento e em outros, apenas custos. Quando multiplicado o fator de proporção de cada propriedade pela receita líquida total do cenário 2, a regulação passa a ser cooperativa (b). Neste caso, observa-se as propriedades com receitas em todos os anos, exceto para o período 0, onde a receita líquida é negativa devido aos custos acumulados do ano do primeiro plantio até este período. O período 0 pode ser identificado nas figuras pela barra de valores negativos que separam a identificação das propriedades no eixo horizontal.

Observa-se ainda que no cenário 3 a receita líquida é variável entre os períodos de planejamento. Isto ocorre pois a regulação é com base na receita bruta. Caso fosse desejado, a receita líquida poderia ser utilizada e os gráficos estariam mais equilibrados, mas com custo de regulação maior.

O comportamento da receita nos períodos é comparável em todas as propriedades, com diferença apenas na quantidade, uma vez que a participação é proporcional a receita total das propriedades. É importante lembrar que como as propriedades tem mesmo comportamento da receita líquida, ou seja, em alguns

períodos os proprietários recebem mais e outros menos, a produção total também acompanha esta variação.

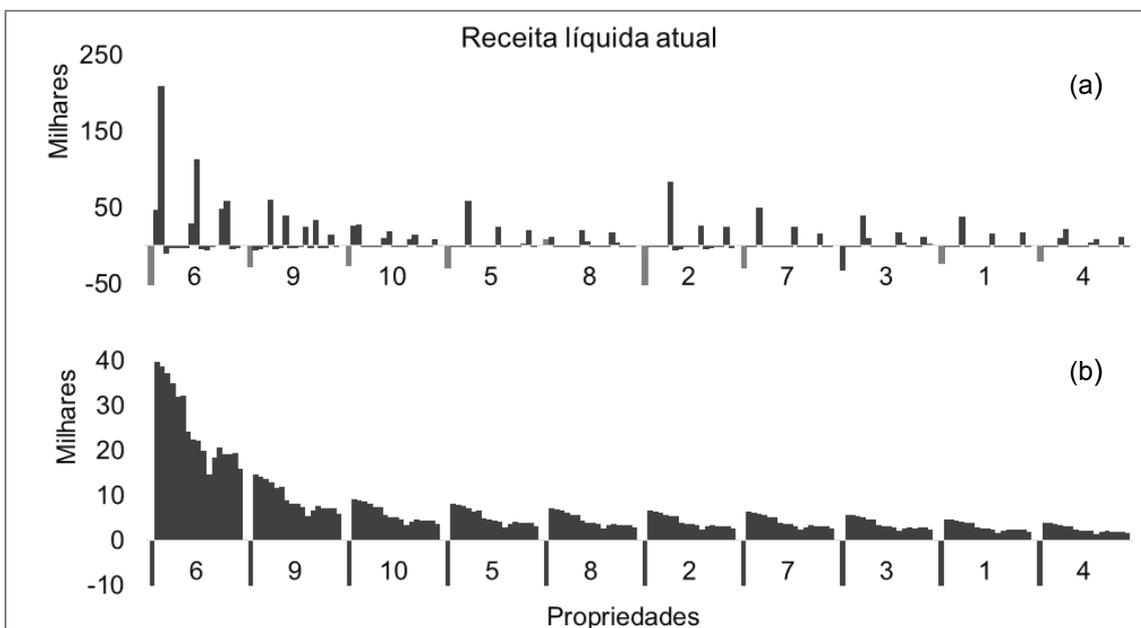


Figura 4 – Receita líquida atual do cenário 2 (a) e cenário 3 (b), das dez primeiras propriedades (1 a 10), agrupadas por ano de planejamento.

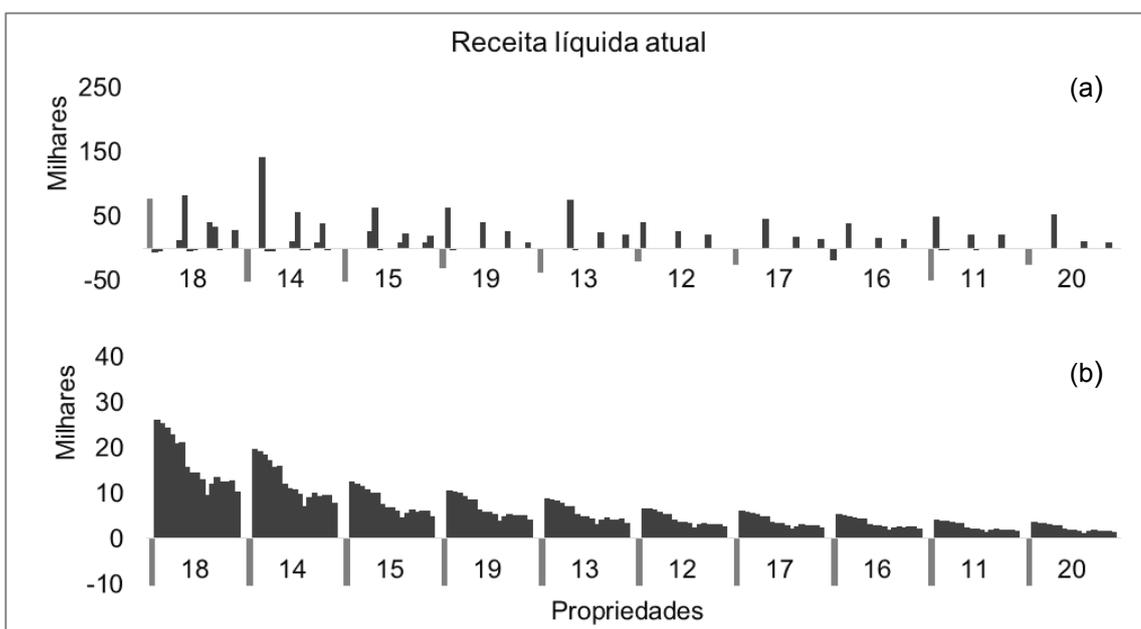


Figura 5 – Receita líquida atual do cenário 2 (a) e cenário 3 (b), da dez últimas propriedades (11 a 20), agrupadas por ano de planejamento.

Para observar melhor as diferenças dos cenários sem regulação, com regulação conjunta e com regulação cooperativa, são apresentados na Tabela 4 os resultados da otimização do VPL composto total e por propriedade, em ordem crescente do cenário base.

Tabela 4 – Resultados do VPL composto global (R\$) dos cenários sem regulação (base), regulação conjunta (2) e regulação cooperativa (3) e diferenças percentuais do custo de regulação para as 20 propriedades do estudo.

Propriedade	Cenário Base	Cenário 2	Cenário 3	Diferença (%)	
	Sem regulação	Regulação conjunta	Regulação cooperativa	Cen.base x Cen.2	Cen.base x Cen.3
20	90.570,55	62.953,19	77.221,20	30,49	14,74
4	99.911,57	67.788,57	85.185,43	32,15	14,74
11	104.468,56	79.523,14	89.070,75	23,88	14,74
1	117.584,48	92.808,15	100.253,49	21,07	14,74
16	135.425,82	93.442,00	115.465,17	31,00	14,74
3	143.566,95	97.147,22	122.406,36	32,33	14,74
17	153.264,40	193.057,38	130.674,49	-25,96	14,74
7	160.659,89	117.156,50	136.979,94	27,08	14,74
2	164.565,13	58.628,02	140.309,58	64,37	14,74
12	169.687,99	145.916,27	144.677,38	14,01	14,74
8	178.258,86	152.341,31	151.984,97	14,54	14,74
5	203.461,97	156.543,87	173.473,35	23,06	14,74
13	224.282,24	308.829,63	191.224,88	-37,70	14,74
10	229.800,36	199.347,13	195.929,68	13,25	14,74
19	270.147,00	237.526,03	230.329,55	12,08	14,74
15	315.036,03	329.066,27	268.602,31	-4,45	14,74
9	368.450,98	302.108,75	314.144,34	18,01	14,74
14	497.263,97	361.607,11	423.971,35	27,28	14,74
18	657.804,98	632.985,53	560.849,94	3,77	14,74
6	1.002.657,09	818.851,79	854.873,68	18,33	14,74
Total	5.286.868,82	4.507.627,85	4.507.627,85	14,74	

Na Figura 6 são apresentados os resultados da otimização de todos os cenários estudados.

Os cenários de regulação conjunta e cooperativa se igualam no valor da solução ótima (VPL) pois o fator de proporção é aplicado para o total da receita líquida periódica da regulação conjunta. Assim, o VPL e a receita líquida anual são iguais em ambos cenários.

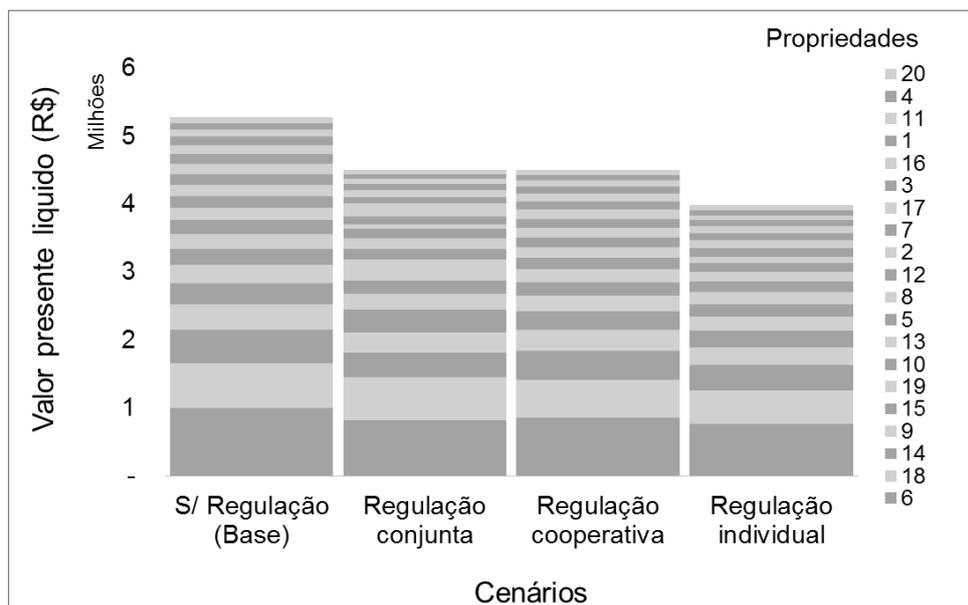


Figura 6 – Valor presente líquido total e por propriedade, dos cenários com regulação (1, 2 e 3) e sem regulação (base).

Como já observado na Tabela 3, o custo médio da regulação do cenário 1 (individual) foi de 25% em relação ao cenário base (sem regulação). Quando aplicado à regulação conjunta o custo foi menor, ou seja, quase 15% (Tabela 4). No entanto, este custo é para o total do VPL obtido da otimização dos cenários (base e 2). Se observado o custo por propriedade, verifica-se que a diferença percentual em alguns casos é o dobro do total (>30%) e, em outras propriedades, como 17, 13 e 15, as diferenças foram negativas, indicando que o modelo favorece algumas áreas em detrimento de outras. Isto ocorre pois, no cenário de regulação conjunta, algumas propriedades são cortadas em épocas não ideais para atenderem as demandas periódicas imposta pelas restrições de produção global. Desta maneira, fica claro que a regulação conjunta, como foi aplicada, não deve ser aceita para controle da produção.

Porém, quando aplicado o fator de proporção, observa-se na Tabela 4 e ainda na Figura 6, que as diferenças percentuais entre o cenário base e o cenário de regulação cooperativa são iguais para todas as propriedades (14,74%), ou seja, as receitas e custos são compartilhados na mesma proporção entre os proprietários.

Deste modo, a regulação cooperativa é mais benéfica aos proprietários pois teve redução de pouco mais de 10% no custo da regulação. Esta resposta

pode incentivar produtores rurais a ingressar em um sistema cooperativo. De acordo com Vokoun et al. (2010), os proprietários rurais entrarão em um acordo de cooperação se os benefícios forem maiores do que se continuassem a manter o controle privado dos estoques florestais em sua terra.

Outro aspecto que pode ser comentado em um processo cooperativo, é quanto aos custos iniciais dos povoamento. Em grupo, os proprietários podem comprar insumos com menor valor de mercado do que individualmente. Assim, podem reduzir, por exemplo, os custos de plantio e manutenção e melhorarem seu retorno econômico.

Pensando nisso, caso os custos da Tabela 1 fossem 10% menores, com exceção do custo anual da terra, a solução ótima do VPL composto reduziria de R\$ 5.286.868,82 do cenário individual para R\$ 4.829.805,00 no novo cenário de regulação cooperativa. Isto equivale à um custo de regulação de 8,65%, aproximadamente 6% a menos do custo da regulação anterior (14,74%).

Diante do que foi apresentado, a regulação em pequenas propriedades rurais em um sistema de cooperação entre os produtores pode trazer tanto benefícios econômicos, através da renda periódica, como de manejo da floresta, por não necessitar realizar intervenções constantes na obtenção desta renda. Aliado a isto, a regulação cooperativa pode ser estudada futuramente dentro do processo de certificação em grupo (FSC, 2012; BASSO et al., 2011) e avaliada sua viabilidade de aplicação.

#### 4. CONCLUSÕES

A regulação cooperativa mostrou-se mais interessante para os proprietários quando comparada à regulação individual, cujo o Valor Presente Líquido (VPL composto) foi, em média, 10% maior.

O uso da regulação cooperativa depende de um modelo de programação sem restrições de regulação para cálculo do fator de proporção de cada propriedade. Depende ainda, de outro modelo com restrições de limites de demanda anual, como produção ou renda, para que, após a solução ótima, seja distribuída proporcionalmente à cada propriedade.

Esta proposta de regulação apresentou ainda a vantagem de menor divisão das áreas das propriedades quando comparada à regulação individual. Isto ocorreu pois a divisão foi a mínima necessária para atender à demanda dos períodos sem classe de idade, através de restrições de demanda global.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHTON, S. F.; HULL, B.; VISSER, R. M.; MONROE, M. C. Forest management in the interface: forest cooperative. FOR 176 University of Florida, IFAS Extension, Gainesville. 2008. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FR/FR24400.pdf>> Acesso: 05/06/2014.

BASSO, V. M.; JACOVINE, L. A. G.; ALVES, R. R.; VIEIRA, S. L. P.; SILVA, F. L. Certificação florestal em grupo no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v.18, n.2, p.160-170, 2011.

DAVIS, K. P. **Forest management: regulation and valuation**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1966. 519 p.

KITTREDGE, D. B. The cooperation of private forest owners on scales larger than one individual property: international examples and potential application in the United States. **For. Pol. Econ.**, v.7, p.671-688, 2005.

LEUSCHNER, W. A. **Forest regulation, harvest scheduling, and planning Techniques**. New York: John Wiley, 1990. 281 p.

NAUTIYAL, J. C. **Forest economics: Principles and applications**. Toronto: Canadian Scholar's Press. 1988. 580p.

BUONGIORNO J., GILLESS J. K. **Forest management and economics**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 285p.

FSC - Forest Stewardship Council Brasil. **Certificação em grupo**. Cartilha. 2012, 27 p. Disponível em: <<http://br.fsc.org/download.cartilha-sobre-certificacao-em-grupo.26.htm>> Acesso: 10/06/2014.

RAUCH, P. SWOT analyses and SWOT strategy formulation for forest owner cooperation in Austria. **Eur. J. Forest Res.**, v.126, p.413-420, 2007.

REICHENBACH, M. Serving members and reaching others: The performance and social networks of a landowner cooperative. **For. Pol. Econ.**, v.11, p.593-599, 2009.

STERN, T.; SCHWARZBAUER, P.; HUBER, W.; WEISS, G.; AGGESTAM, F.; WIPPEL, B.; PETEREIT A.; NAVARRO, P.; RODRIGUEZ J.; BOSTRÖM, C.;

ROBERT, M. Market supply of wood from areas with fragmented forest-ownership structures - a European case study approach. In: 2011 IUFRO Small-scale forestry conference synergies and conflicts in social, ecological and economic interactions, p.91-100. 2011.

VOKOUN, M.; AMACHER, G. S.; SULLIVAN, J.; Wear, D. Examining incentives for adjacent non-industrial private forest landowners to cooperate. *Forest Policy and Economics*, v.12, 104-110, 2010.

YOUNG, R. A.; REICHENBACH, M. R. Factors influencing the timber harvest intentions of non-industrial private forest owners. *Forest Science*, v.33, n.2, p.381–393, 1987.

## CONCLUSÕES GERAIS

Projetos de fomento florestal possuem maior rentabilidade econômica quando comparados à projetos independentes, principalmente devido aos incentivos das empresas no estabelecimento dos plantios. No entanto, os programas de fomento é limitado pela distância das propriedade até as empresas, produtividade e preço de venda da madeira.

Foi possível determinar o melhor regime de manejo para as propriedades em fomento florestal, e através das variáveis distância, produção, idade e preço foi possível criar uma regra de classificação para novos contratos com sucesso de 80%. Esta regra pode ser melhorada com uso de outras variáveis como topografia, porcentagem de mecanização da área, tipo de solo e material genético.

A regulação florestal aplicada aos fomentos florestais teve custo de 8%. Este custo refere-se à diferença do modelo de programação sem restrições de regulação em comparação ao modelo com regulação. Quando os fomentos foram inseridos em um modelo juntamente com as áreas das empresas florestais, houve aumento do custo de regulação para 21%. Isto indicou que o processo não trouxe vantagens ao produtor, necessitando de reavaliação dos custos e receitas para melhorar os coeficientes dos fomentos no modelo.

Na aplicação da regulação cooperativa os proprietários tiveram maior retorno econômico quando comparada à regulação individual, cujo o Valor Presente Líquido foi, em média, 10% maior. Esta proposta de regulação apresentou ainda a vantagem de menor divisão das áreas das propriedades quando comparado à regulação individual.