

RICARDO RODRIGUES DE OLIVEIRA NETO

**SENSIBILIDADE DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO QUANTO A
RISCOS E INCERTEZAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Oliveira Neto, Ricardo Rodrigues de, 1986-
O48s Sensibilidade do planejamento estratégico quanto a riscos e
2016 incertezas / Ricardo Rodrigues de Oliveira Neto. – Viçosa, MG,
 2016.
 viii, 40f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Marinaldo Gleriani.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.35-40.

1. Empresas florestais - Administração. 2. Economia florestal. 3. Programação Linear. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.


CDD 22. ed. 634.968


RICARDO RODRIGUES DE OLIVEIRA NETO


**SENSIBILIDADE DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO
QUANTO A RISCOS E INCERTEZAS**

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

APROVADA: 22 de julho de 2016.


Aline Edwiges Mazon De Alcântara


Hélio Garcia Leite
(Coorientador)


José Marinaldo Gleriani
(Orientador)

“A experiência mais bela e profunda que um homem pode ter é o sentido do mistério. Ele é o princípio fundamental da religião, bem como de todo esforço sério em termos de arte e ciência. Parece-me que aquele que nunca teve essa experiência, se não está morto, pelo menos está cego.”

Albert Einstein, Meu Credo, 1932.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, pelo suporte e apoio incondicional. A minha avó, Lourdes, pelos ensinamentos de vida e perseverança.

Ao professor Helio Garcia, pelo exemplo não só de profissional e professor, mas de pessoa e amigo, disposto a conversar para ajudar.

Ao professor Marinaldo pela oportunidade.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e oportunidades oferecidas.

Aos amigos que conquistei durante minha estadia por onde passei, em especial a Tamara pelas orações e a Ana Carolina pelas ajudas acadêmicas.

BIOGRAFIA

Ricardo Rodrigues de Oliveira Neto é natural de Ubá, Minas Gerais. Filho de Maria Helena de Oliveira e Mário Sérgio Furtado, nascido em 20 de junho de 1986.

Em 2002 iniciou os estudos no Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Viçosa (COLUNI) em Viçosa.

Iniciou o curso de engenharia florestal na mesma universidade em 2005, onde se graduou em janeiro de 2010.

Após a graduação trabalhou na área de Inventário, Planejamento e Pesquisa no Maranhão, Pará, Mato Grosso e São Paulo, com plantios de eucalipto e teca.

Em julho de 2014, iniciou o Programa de Mestrado em Ciências Florestal na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa da dissertação em 22 de julho de 2014.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:	4
2.1. Setor Florestal	4
2.2. Pesquisa Operacional	6
2.3. Planejamento	9
2.4. Planejamento e Pesquisa Operacional no Setor Florestal	11
2.5. Inconsistências, Incertezas e Riscos no Planejamento Florestal	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS:	17
3.1. Dados	17
3.2. Modelo, Dados e Simulações de Cenários	17
4. RESULTADOS:	22
5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de produção (m^3ha^{-1}) por rotação e idade.	18
Tabela 2 – Custos empregados para avaliação econômica dos modelos de planejamento (BINOTI, 2010)	19
Tabela 3 – Custos referentes a colheita (BINOTI, 2010).....	20
Tabela 4 – Volume cortado (m^3), volume comprado (m^3) e VPL obtido pelo cenário convencional ...	24
Tabela 5 – VPL (R\$) obtido considerando variações de 0% a 100% na área de reforma (plantio) em diferentes períodos do horizonte de planejamento.	27
Tabela 6 – Volume de madeira comprada (m^3) necessária para atingir a demanda nos cenários com variação de plantio de 0% a 100%.	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição do volume cortado (m^3) ao longo dos Períodos do Horizonte de Planejamento sem restrição de plantio.....	24
Figura 2 – Volume colhido (m^3), Volume de madeira comprada (m^3) e VPL (R\$) obtido pelos grupos de cenários testados.....	31

RESUMO

OLIVEIRA NETO, Ricardo Rodrigues de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Sensibilidade do planejamento estratégico quanto a riscos e incertezas.** Orientador: José Marinaldo Gleriani. Coorientador: Helio Garcia Leite.

O setor florestal vem apresentando um papel relevante na economia nacional, contribuindo significativamente com a Balança Comercial Brasileira e na geração de empregos. Com o aumento da competitividade devido a globalização do comércio, cada vez mais as empresas estão buscando o aumento da produção e a redução dos custos. Com isso, há a necessidade de um planejamento florestal visando a otimização da produção e redução dos riscos e incertezas do setor, que tem produto com origem biológica e rotação de longa duração. Nesse trabalho foi criado um modelo de programação linear para o planejamento florestal de longo prazo envolvendo uma variável de área de reforma. Foram definidos prescrições de corte com 6, 7 e 8 anos com possibilidade de reforma ou condução da brotação. Logo após foram gerados 60 cenários variando a intensidade, período e tempo de redução das áreas de plantio, avaliados quanto ao VPL produzido ao final do horizonte de planejamento. Os resultados demonstram que quanto maior as reduções de plantio, maior o tempo em que essas reduções são feitas e quanto mais próximas do início do horizonte de planejamento são realizadas, menor o VPL produzido. As reduções foram entre 24,1% e 0,07% em relação ao cenário convencional (reforma da área total). Essas reduções não foram maiores pois nos cenários houve mudança da prescrição selecionada para talhadia em relação às com reforma.

ABSTRACT

OLIVEIRA NETO, Ricardo Rodrigues de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2016.
Sensitivity of strategic planning to risks and uncertainties. Adviser: José Marinaldo Gleriani.
Co-Adviser: Helio Garcia Leite.

The forest sector plays a relevant role in the national economy, contributing significantly to the Brazilian trade balance and to job creation. The increased competition resulting from the globalization of trade is leading companies to search for production increase and cost reduction. Therefore, forest planning is required for a production optimization and for a risks reduction since the product is biologically originated and has long-term rotation. It was created in this study a linear programming model for long-term forest planning with an area of reform variable. It was defined harvest prescriptions for 6, 7 and 8 years with the possibility of reform or coppice management. Thereafter it was generated 60 scenarios with intensity, period and time of the plantation area, all of them varying and being analysed for produced VPL at the end of the planning horizon. The results demonstrate that, the higher the reduction on the plantations, greater the time for those reductions occur; besides, the closer from the beginning of the planning horizons those reductions were, smaller was the VPL produced. Related to the conventional scenario (total area reform), the reductions stayed between 24, 1% and 0,07%. Those reductions are not higher because the selected prescription for coppice management was different than the prescription for reform, considering the analysed scenarios.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal desempenha, atualmente, um papel relevante na economia nacional representando 4,09% na Balança comercial Brasileira em 2015 (IBÁ, 2016). Contribuiu ainda para a geração de 4,2 milhões de empregos diretos e indiretos (IBÁ, 2015).

Com a globalização dos mercados e, com isso, o aumento da competitividade, cada vez mais as empresas estão buscando o aumento da produção e a redução dos custos. Com isso, estudos de planejamento cada vez mais estão sendo realizados no setor florestal, visando a otimização da produção. Conforme Silva (2001), os principais são: os estudos envolvendo o desenvolvimento de modelos de crescimento e produção, avaliação econômica de projetos florestais e uso de técnicas de pesquisa operacional (PO), principalmente programação linear, programação dinâmica e simulação.

Em PO, o planejamento florestal é organizado em função dos objetivos e do período de tempo, sendo usualmente divididos em estratégico, tático e operacional (BETTINGER, 2009). Os planos elaborados em cada nível devem ser consistentes com os demais níveis, envolvendo maior grau de detalhamento e menor tempo, à medida que o planejamento caminha da fase estratégica para a operacional.

Nos planos estratégicos, são definidas questões como infraestrutura, alocação de terras, metas volumétricas, receitas líquidas e questões de legislação de política, bem como a regulação da produção. Esta fase do planejamento é caracterizada por planos em longo prazo envolvendo maior grau de incerteza quanto ao atendimento destes. Os planos táticos e operacionais são caracterizados pelo maior conhecimento da situação e maior grau de certeza das informações. Esses planos são elaborados para a data mais próxima da decisão sendo determinados de forma a atender as metas definidas pelo plano estratégico (MACHADO E LOPES, 2009).

Um problema típico que existe no planejamento florestal é quanto aos riscos e incertezas. As atividades florestais envolvem um produto que tem origem biológica e rotação de longo espectro (VOLPI, 1997). Na execução dos planos operacionais (curto prazo) fatores como uma demanda imediata do mercado, mudanças econômicas e silviculturais, impedimento de acesso aos talhões, taxa de retorno diferente do planejado, diferente proporção de produtos, perdas por pragas ou outro agente ambiental, entre outros, influenciam diretamente o plano estratégico e a regulação da produção. Deste modo não há como prever sobre a ocorrência destes, exigindo

a tomada de decisão imediata por parte do gestor, sem que haja prévia análise, fazendo com que o resultado final não corresponda ao planejado.

Nas empresas florestais, usualmente as tomadas de decisões imediatas são inseridas nos planos estratégicos da seguinte forma: 1) não é realizado o reprocessamento considerando as alterações na fase operacional; ou 2) o planejamento estratégico é reprocessado com o novo cenário, obtendo assim, uma nova resposta otimizada. Ou seja, a empresa segue adiante com o planejamento mesmo sabendo que a decisão atual irá modificar a resposta final.

Essas abordagens não levam em consideração os impactos das alterações dos planos na viabilidade do empreendimento florestal a longo prazo. O planejamento é fundamental para a sobrevivência de qualquer organização empresarial, pois determina a alocação ótima dos recursos florestais. Portanto, é imperativa a estimação dos impactos das alterações das operações florestais sobre a produção e os custos em relação aos planos originais (MACHADO E LOPES, 2009) , pois estes influenciam de forma sistemática na alocação dos recursos durante o horizonte de planejamento, para garantir o abastecimento de matéria-prima.

OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é analisar e quantificar o impacto de reduções de área de reforma, em diferentes momentos do horizonte de planejamento, sobre o plano de manejo e indicadores econômicos. Os objetivos específicos foram:

- Construir um modelo de programação linear, de planejamento florestal, que envolva uma variável de plantio, com o objetivo de escolher o melhor regime de manejo para cada povoamento usando um critério econômico de decisão;
- Utilizar o modelo construído para comparar as soluções geradas por diversos cenários produzidos pelas variações nas áreas de plantios ao longo do horizonte de planejamento.
- Discutir e concluir sobre o emprego do novo modelo para o planejamento florestal de longo prazo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

2.1. Setor Florestal

Com importante papel na economia nacional, o setor tem atraído grandes investimentos, tanto na área produtiva quanto em pesquisas (RESENDE, 2005). As exportações em 2015 somaram cerca de U\$ 7,819 bilhões, o que representa 4,09% na Balança Comercial Brasileira (IBA, 2016). Contribuiu ainda para a geração de 4,2 milhões de empregos diretos e indiretos (IBA, 2015). O setor de celulose ocupou, em 2014, o quarto lugar no ranking dos países produtores de celulose de todos os tipos e o primeiro como produtor mundial de celulose de eucalipto (BRACELPA, 2015). Em 2015 foram produzidas 17,214 milhões toneladas de celulose, tendo sido exportadas 11,528 milhões toneladas (IBA, 2016), o que gerou uma receita de U\$ 5,6 milhões (REMADE, 2015), sendo a maioria exportada para a Europa e China. A produção de papel no mesmo período foi de 10,343 milhões toneladas, sendo 2,058 milhões destinada a exportação, que gerou U\$ 2,02 milhões (IBA, 2016). O setor siderúrgico possui 964 mil hectares de área plantada para o uso destinado a produção de carvão (IBA, 2015). Além disso, o país é líder mundial na utilização de carvão vegetal na produção de aço, contribuindo para reduções de emissões de gases do efeito estufa (Instituto Aço Brasil, 2014). A área moveleira, mesmo com retração de 11,7% em relação a 2014 (REMADE, 2015), ainda foram exportadas U\$ 462,7 milhões.

Mesmo com a instabilidade econômica desde meados de 2014, a previsão é que o setor continue tendo balanço positivo, mas aquém do potencial (Setor Energético, 2016).

Apesar do baixo crescimento da economia brasileira e a desvalorização do real frente ao dólar, há um aumento na rentabilidade e novas oportunidades de mercado, uma vez que a maior parte da produção nacional é exportada, principalmente papel, celulose e madeira processada (CIFloresta, 2016).

Nas áreas que são destinadas ao mercado doméstico, como o carvão e movelaria, há um maior controle da produção para que não haja a elevação dos custos de produção. As exportações de produtos siderúrgicos, apesar de apresentar um crescimento de 54,8% em volume, teve uma queda de 10,2% em valor, quando comparadas a fevereiro de 2015 (CIFloresta, 2016). Segundo Mendes (2016), os segmentos de celulose, serrados e laminados

manterão ou melhorarão a competitividade. Contudo, as indústrias de painéis reconstituídos e de carvão continuarão sofrendo devido à sua alta dependência do ambiente de negócios brasileiro.

Para que as empresas florestais sobrevivam, principalmente em períodos de instabilidade, elas precisam de ferramentas que auxiliem no manejo e planejamento para que a produção seja sustentável. Conforme Carvalho (2012), juntamente com essas ferramentas, os gestores necessitam de informações precisas e de qualidade sobre seus processos, juntamente com a capacidade de reagir a mudanças (ALVES, 2006).

2.2. Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO) é a área que analisa formas de modelar os sistemas do mundo real em termos matemáticos, para identificar mais claramente as relações entre diferentes elementos com a finalidade otimizar seu desempenho. Ela faz uso de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos, para identificar pontos de melhoria e ajudar na tomada de decisões empresariais (LACHTERMACHER, 2007). As primeiras pesquisas sobre PO foram iniciadas na Inglaterra durante a Segunda Guerra Mundial, na intenção de tomar decisões com bases científicas sobre como melhor utilizar o escasso material de guerra (TAHA, 2008). Após a guerra, as pesquisas foram utilizadas para melhorar o setor civil.

Nos EUA foi fundada a INFORMS, sociedade que estuda Problemas de PO. No Brasil a contraparte desta instituição norte-americana é a SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (www.sobrapo.org.br) -, que mantém anualmente simpósios científicos sobre o assunto e é filiada à INFORMS - International Federation of Operations Research Societies (LACHTERMACHER, 2007).

A PO busca a resolução de uma função objetivo, seja ela maximizar um valor (volume, lucro, receita) ou minimizá-lo (custos, risco). Os modelos em PO assumem a forma de uma ou mais equações ou inequações para traduzir a condição de que algumas, ou todas as variações controladas só podem ser manipuladas dentro de limites. O conjunto destas equações constitui, ao mesmo tempo, um modelo de sistema e um modelo de decisão. Quando a solução de um problema é a melhor dentre todas possíveis ela é chamada de ótima e o sistema é otimizado (UNESP, 2002).

Diversas são as técnicas são utilizadas para as resoluções dos modelos matemáticos sendo que o tipo e a complexidade do modelo é que determina o método de seleção. A técnica mais utilizada de PO é a programação linear, onde as funções objetivas e as restrições são lineares. Outras técnicas são: Programação inteira, em que as variáveis assumem valores inteiros; programação dinâmica, na qual o modelo é decomposto em submodelos; otimização em redes, quando o problema pode ser modelado como uma rede; e programação não lineares, em que função objetivo e uma ou mais restrições são não lineares (TAHA, 2008). Outro conjunto de técnicas de PO é composto pelas meta-heurísticas (BETINGER et al., 2002; HEINONEN et al., 2004), algoritmos genéticos (GOMIDE et al., 2009; RODRIGUES et al., 2004; SILVA et al., 2009; MARTINS et al., 2009), simulated annealing (RODRIGUES et al., 2004), busca tabu

(RODRIGUES et al., 2003), colônia de formigas, enxames de abelhas (NASCIMENTO et al., 2013) e multiagentes (ARAÚJO JÚNIOR, C.A., 2012) estão sendo cada vez mais utilizados para resolver problemas de planejamento florestal (PUKKALA et al., 2005).

Um problema de programação linear (PL) pode ser descrito como:

$$\text{OTIMIZAR } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Sujeito a:

$$\left. \begin{array}{l} G_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ G_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ G_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \geq \\ = \\ \leq \end{array} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{array} \right.$$

Em que:

Z é a função objetivo;

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n;$$

$$G_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \text{ para } i = 1, \dots, m;$$

n é o número de variáveis;

m é o número de restrições do problema;

i é o índice de uma determinada restrição (i = 1, 2, ..., m);

c_i é o coeficiente da variável x_i, da função objetivo;

a_{ij} é o coeficiente da variável x_i da j-ésima restrição;

Algumas pressuposições são assumidas quando se tem um problema de PL (LACHTERMACHER, 2007):

-Proporcionalidade: o valor da função-objetivo é diretamente proporcional ao nível de atividade de cada variável de decisão.

-Aditividade: as atividades (variáveis de decisão) do modelo são entidades independentes, havendo interdependência entre as mesmas, isto é, não permitindo a existência de termos cruzados, tanto na função-objetivo como nas restrições.

-Divisibilidade: todas as unidades e atividade podem ser divididas em qualquer nível fracional, isto é, qualquer variável de decisão pode assumir qualquer valor fracionário.

-**Certeza**: todos os coeficientes do modelo são constantes conhecidas. Em problemas reais, a certeza quase nunca é satisfeita, provocando a necessidade de análise de sensibilidade dos resultados.

Uma característica das técnicas de PO é que, quando os modelos possuem diversas variáveis e restrições, as soluções são determinadas por algoritmos, que fornecem regras de cálculos fixas, que são aplicadas repetidas vezes ao problema, sendo que a cada repetição a solução fica mais próxima de se tornar ótima (LACHTERMACHER, 2007). Com o avanço na velocidade do processamento dos computadores, problema cada vez maior e complexo tem sido resolvido em tempos menores. Softwares como o LINDO e LINGO da Lindo Systems (<http://www.lindo.com>) e o próprio Solver do Excel possibilitam a resolução de problemas de PO lineares e não lineares.

Uns dos principais algoritmos utilizados para solução de problemas de PL é o Método Simplex, desenvolvido por Dantzig, na década de 40. Seu sucesso se deve a eficiência na resolução de problemas de grande porte, sendo que computadores pessoais podem encontrar soluções ótimas para problemas com centenas de milhares de variáveis, em questão de segundos (BINOTI, 2010; BETTINGER et al. ,2009).

2.3. Planejamento

Nas décadas de 1950 e 1960, o planejamento das empresas se restringiam somente ao planejamento financeiro, no qual eram feitos os controles de orçamentos anuais. Tais atitudes eram assim realizadas, por permitir um controle em relação ao orçamento definido pela empresa. Esta prática representava o dinheiro que a empresa tinha em caixa e quanto ela poderia investir ao longo do ano (SZNIFER, 2003).

Após a década de 70, com a inserção de novas empresas e tecnologias na fabricação dos produtos, fez com que o mercado se tornasse mais competitivo, surgindo a idéia de planejamento a longo prazo, que necessitava de análise de tendências futuras. Um dos problemas desse planejamento na época era a dificuldade de prever mudanças no mercado (SERTEK et al., 2009). Somente a partir da década de 80, que o planejamento estratégico começou a analisar essas mudanças no ambiente e criação de planos definido por metas a serem atingidas. Essa gestão estratégica pode ser definida como: flexibilidade nos processos, ênfase na informação, conhecimento dos recursos e áreas críticas dos processos, pessoas e recursos.

A partir dos anos 90, as empresas começaram a subdividir o planejamento temporalmente, fazendo com que o um nível alimentasse o nível seguinte com informações para que as metas pudessem ser obtidas. A principal divisão segundo Sertek et al. (2009), é em estratégico, tático e operacional. Em conjunto, torna-se o planejamento hierárquico.

-Planejamento estratégico - É o planejamento mais amplo, e abrange toda a organização. Suas características são:

1. Horizonte temporal: projetado para o longo prazo, tendo suas consequências e efeitos estendidos por vários anos. Em plantios florestais pode ser superior a 20 anos.
2. Abrangência: envolve a organização com todos os seus recursos e áreas de atividade, e preocupa-se em atingir os objetivos em nível organizacional.
3. Conteúdo: genérico, sintético e abrangente.
4. Definição: é definido pela cúpula da organização (em nível institucional) e corresponde ao plano maior ao qual todos os demais planos estão subordinados

-Planejamento tático - É o planejamento que abrange cada departamento ou unidade da organização. Suas características são:

1. Horizonte temporal: projetado para o médio prazo, geralmente para o exercício anual. Podem assumir no setor florestal entre 5 e 7 anos.
2. Abrangência: envolve cada departamento, com seus recursos específicos, e preocupa-se em atingir os objetivos departamentais.
3. Conteúdo: é menos genérico e mais detalhado que o planejamento estratégico.
4. Definição: é definido em nível intermediário, em cada departamento da organização.

-Planejamento operacional- É o planejamento que abrange cada tarefa ou atividade específica. Suas principais características são:

1. Horizonte temporal: é projetado para o curto prazo, para o imediato. São as tomadas de decisões diárias, semanais e mensais.
2. Abrangência: envolve cada tarefa ou atividade isoladamente e preocupa-se com o alcance de metas específicas.
3. Conteúdo: é detalhado, específico e analítico.
4. Definição: é definido no nível operacional e focado em cada tarefa ou atividade.

As definições do período de tempo de cada divisão não são específicas. De acordo com Pindyck e Rubinfeld (1994), curto prazo se refere ao tempo em que os fatores não podem ser modificados, ao passo que o longo prazo esses fatores se tornam variáveis. Já para Teixeira e Gomes (1994), o curto prazo é considerado quando não há tempo suficiente para a empresa aumentar ou diminuir seu tamanho, enquanto no longo prazo há tempo suficiente para alterar as quantidades dos recursos de produção.

2.4. Planejamento e Pesquisa Operacional no Setor Florestal

A maioria dos produtos florestais, como a madeira e seus subprodutos, apresentam na maioria das vezes enorme elasticidade, possuindo produtos substitutos e tendo principalmente o custo como elemento regulador (HOSOKAWA; MENDES, 1984). No entanto, mesmo com substitutos, a demanda de produtos florestais, como carvão, celulose e madeira, vem crescendo cada vez mais, fazendo com que as empresas se tornem cada vez mais competitivas, produzindo com alta qualidade a menores custos possíveis (SILVA,2001).

Durante muito tempo, o manejo e a exploração das florestas eram realizadas sem as ferramentas necessárias que garantissem a sustentabilidade como o todo (BRAZ, 2005). Como a quantidade de matéria prima disponível sem regulamentação para sua exploração era enorme, não havia a preocupação com o planejamento florestal.

O planejamento florestal pode ser definido como a identificação de atividades e do calendário de atividades para alcançar os objetivos do manejo florestal. Embora o manejo das florestas seja importante, Ahrens (1997) sugere que os componentes técnicos não são conhecidos ou entendidos de modo adequado.

O Planejamento florestal consiste em um sistema que define o desenvolvimento do empreendimento, pois facilita as decisões gerenciais (HOSOKAWA; MENDES, 1984) incorporando objetivos complexos e realistas das áreas econômicas, ecológicas e sociais dos empreendimentos florestais (JORGENSEN, 200). Já para Bettinger (2005), envolve o exame de alternativas de gestão e políticas florestais para grandes áreas e períodos longos, com a utilização de ferramentas de planejamento, seja por técnicas tradicionais (como programação linear ou inteira), ou seja, por técnicas não-tradicionais (programação heurística e simulações). Amaral (2002) identificou três componentes no processo: a organização e classificação de áreas com critérios de homogeneidade (unidades de manejo); a definição de estrutura cronológica das intervenções possíveis em cada unidade de forma a atingir os objetivos; e a quantificação de fluxos de bens e serviços que decorrem dessas intervenções. Essas unidades de manejo são o menor compartimento da floresta (LEITE,2009), sendo que no Brasil as mais comuns são usualmente chamadas de talhão (ALVES, 2006) ou quadra.

Para gerenciar um sistema complexo como o florestal, no qual o ciclo de produção é longo e susceptível à variáveis ambientais e econômicas, é conveniente dividir o planejamento em níveis.

Connelly (1996) definiu a análise dos níveis hierárquico para o planejamento florestal como “a organização de informações para a tomada de decisões em diferentes níveis, quando a qualidade das decisões em um nível é dependente de decisão ou informação em outros níveis”. Os níveis podem ser definidos como temporais ou espaciais, em que o âmbito de aplicação do nível superior abrange totalmente o âmbito do nível mais baixo (Van Raffe, 2000; Sessions and Bettinger, 2004).

O processo de tomada de decisão é dividido em função do nível de abordagem e objetivos, em estratégico (longo prazo), tático (anos; semestre) e operacional (semanal, mensal, anual) (BETTINGER et al., 2009). Os planos gerados em cada nível do processo devem ser consistentes e apoiados pelos demais níveis, envolvendo maior especificidade e menor tempo à medida que o planejamento caminha do estratégico para o operacional (SESSION et al., 2007; BETTINGER et al., 2009). Seu sucesso depende da introdução de um conjunto de restrições em cada nível em escalas espaciais e temporais.

No nível estratégico são determinadas questões à longo prazo como infraestruturas, alocação de terras e questões de legislação e política (Martell et al., 1998). Também determinam o objetivo de garantir a longo prazo a estabilidade no fornecimento de madeira enquanto se maximiza o valor presente líquido (VPL) ou reduz o custo de produção. O horizonte de planejamento envolve mais de uma rotação, e geralmente é determinado pelo objetivo do projeto, sendo que horizontes muito grandes possibilitam maiores erros de análise, devido as mudanças, como nas variáveis econômicas (CARVALHO, 2012). Alguns programas utilizados no planejamento florestal estratégico são: Forest Management Planning Package (Jonsson et al., 1993) na Suécia, MELA (Siitonen et al., 1999) in Finlândia, FORPLAN (Johnsson et al., 1986) and SPECTRUM (Camenson et al., 1996) nos Estados Unidos, FOLPI (Manley and Threadgill, 1990) na Nova Zelândia, Remsoft Woodstock (2002) no Canadá e o PANFLOR no Brasil.

No nível tático são realizados os agendamentos das operações de colheita e silvicultura para áreas específicas à médio prazo abordando, portanto, uma escala de tempo e espaço mais refinada do que no planejamento estratégico (ÖHMAN; 2001; EL-KASSABY et al.; Martell et al., 1998). Construções de novas vias de acesso e blocos de colheita que reduzem os custos de deslocamento das máquinas de colheita também são determinados no planejamento tático (Davis et al., 2001; Gustafsson et al., 2000). O horizonte de planejamento contempla até uma rotação (5 a 7 anos). Programas como TEAMS (Covington et al., 1988), SNAP (Sessions and

Sessions, 1992), modelos RELMdss (Church et al., 2000a) e BAM (Church et al., 2000b) e ferramentas de GIS são utilizados no planejamento tático.

A fase operacional do planejamento aborda a determinação das causas específicas de ação e alocação dos recursos em menor período de tempo e espaço que no plano tático, envolvendo especificações técnicas como o agendamento de equipes de colheita, programação, transporte e instruções de corte (MURRAY & CHURCH, 1995a; CHURCH et al., 1998). Dado a especificidade de cada empresa, na maioria das vezes são construídos e utilizadas planilhas específicas para o curto prazo, em ambiente Microsoft Excel.

O conceito de floresta regulada foi introduzido no setor florestal Ström (1829) introduziu o conceito de floresta regulada, dividindo em blocos iguais que eram cortados a cada ano e replantado logo após (LEUSCHNER, 1990). Com o surgimento do método Simplex na década de 40 e os avanços computacionais da década de, foi possível o início do uso de ferramentas de pesquisa operacional (PO). O mais utilizado sendo a programação linear, programação não-linear, programação dinâmica, programação por metas, simulação, redes de operação PERT-COM (LEITE, 1994; BUONGIORNO e GUILLES, 2003; DAVIS et al., 2005; BETTINGER et al., 2009), programação inteira (SILVA, 2001) e atualmente técnicas de heurística e metaheurística, como os trabalhos de BINOTI (2010) e BARROS JUNIOR et al (2009).

Ribeiro (2007) justifica o uso de programação linear no planejamento florestal com as seguintes justificativas:

- Consegue lidar com problemas de grandes portes, como o florestal,
- É uma técnica de otimização, podendo ser usada para satisfazer determinadas exigências legais,
- Grande conhecimento na modelagem de manejo de recursos naturais usando essa ferramenta.

No entanto, Carnieri (1989) critica a utilização de programação linear no setor florestal, por assumir uma linearidade de um problema real e por ela ser determinística, enquanto a maioria dos dados florestais são estocásticos.

Para a realização do planejamento, é necessário manter um cadastro florestal, com pelo menos, o histórico dos plantios florestais, áreas e materiais genéticos e informações e inventário com produtividades dos plantios (ALVES, 2006; FABRIN e GIOTTO, 1996). Para Alves et al. (2005), o cadastro é o conjunto de informações das atividades florestais que foram efetuadas em cada unidade de gestão, onde estão inclusas as informações referentes a silvicultura, ao manejo, a exploração, a pesquisa e ao fomento, entre outras como financeiro e administrativo.

Em qualquer técnica de PO utilizada, o objetivo principal é a regulação da floresta, com a otimização dos recursos e o fornecimento contínuo de matéria prima durante todo o horizonte de planejamento (HOSOKAWA e MENDES, 1984), além da redução dos riscos e incertezas na tomada de decisão (BINOTI, 2010). O planejamento resulta em informações de como colher, quando colher, o que plantar e qual tipo de manejo utilizar em cada uma dessas unidades de gestão (LEUSCHNER, 1987).

Os modelos de regulação florestal clássicos, possuem em sua formulação o controle por área ou o controle por volume (CARVALHO, 2012). No controle por área o volume a ser colhido anualmente varia ao longo do horizonte de planejamento, mas com áreas homogêneas de corte. Já no controle por volume, o volume possui um fluxo homogêneo, enquanto as áreas de corte são variáveis. Apesar desses modelos serem eficientes, eles focavam apenas no planejamento de uma rotação (LEUSCHNER, 1990). Sendo assim surgiram os modelos I e II, os mais utilizados na regulação florestal. Esses modelos permitem a análise dos objetivos e restrições ao mesmo tempo (RODRIGUES, 1997).

Segundo Johnson e Scheurman (1977), no modelo I a floresta é subdividida em classes homogêneas de idades, com as unidades de manejo as mesmas durante o horizonte de planejamento. Já o modelo II essas unidades de manejo não são constantes, demandando um menor esforço na resolução do problema, mas com uma implementação mais trabalhosa.

2.5. Inconsistências, Incertezas e Riscos no Planejamento Florestal

Um problema que pode ser visto quando o planejamento é dividido em níveis é que a solução de um nível pode ser inconsistente com o resultado do próximo nível, o que pode causar sub-otimização (WEINTRAUB & DAVIS, 1996). Nem todas os fatores e restrições podem ser utilizados, ou pode haver inviabilização da solução dos níveis inferiores ou por serem fatores que não são previsíveis a longo prazo. As principais inconsistências que podem estar presentes são: espaciais e temporais (ANDERSSON,2005):

- Inconsistências espaciais: devido a diferentes resoluções de áreas, pois quanto menor o nível do planejamento, mais específico essa informação fica.
- Inconsistências temporais: o horizonte de planejamento estratégico é mais longo que o do planejamento tático, e este, mais que o operacional, o que implica que as ações de acordo com o nível mais alto sejam desconhecidas para os objetivos do mais baixo.
- Inconsistências de restrições: uma restrição usada em um nível de planejamento comparado com o outro pode ser inconsistente para a solução ótima.

De acordo com Silva (2004), as decisões com múltiplos objetivos contraditórios (suprir demanda de madeira e reduzir custos p.ex.), o vasto número de alternativas possíveis e a grande influência das decisões atuais nas ações futuras, são as principais fontes de inconsistências, juntamente com a geração de informações erradas, que alimentam a base e dados utilizados no planejamento e suportam os engenheiros florestais nas suas decisões de curto e longo prazo (NOBRE et al., 2004).

Um exemplo dessa inconsistência é no atendimento das metas volumétricas, se as colheitas florestais determinadas nos níveis mais altos do planejamento não forem realizadas nas unidades operacionais, os planos não serão atendidos (WEINTRAUB; DAVIS; 1996). Nessa inconsistência, todas as ações florestais possuem efeito à longo prazo (Jacobsson, 1986), então quaisquer ações feitas nos primeiros anos podem afetar as ações posteriores.

Outro problema que pode surgir é em relação aos riscos e incertezas. Knight (1921), utiliza o termo risco para a certeza objetiva e mensurável, enquanto o termo incerteza é reservado para a incerteza subjetiva e não mensurável. Para Figueiredo (2006), risco é quando são conhecidos os possíveis valores de certa variável relevante e suas respectivas probabilidade de ocorrência. Quando essas não são conhecidas, diz que há incertezas. Já para Gitman (2002),

o risco é a possibilidade de prejuízo financeiro ou a variabilidade de retornos associada a um determinado ativo. Para Simonsen (1994), as incertezas podem ser classificadas em absolutas, quando não se tem nenhuma noção a priori de quanto e quando elas vão ocorrer, e em relativas, quando se consegue associar um evento a uma probabilidade mínima e máxima, sendo assim denominada risco. ABREU & STEPHAN (1982) distinguiram basicamente três grupos principais das incertezas:

- A ligada a imprevisibilidades dos parâmetros econômicos;
- A ligada aos eventos políticos nacionais e internacionais;
- A ligada a própria percepção, pelo tomador de decisão, das condições e restrições do ambiente.

O investimento florestal requer um montante significativo de capital, o qual fica imobilizado por longo períodos (SIMIONI e HOEFLICH, 2006). Com o ambiente econômico dinâmico sobretudo a partir da globalização pós anos 90, é cada vez mais complexo o processo de tomada de decisão, sendo necessário reduzir as incertezas ou transformá-las em riscos. Para a solução de problemas com condições de incertezas, como os do setor florestal, são usadas três alternativas: uso de regras de decisão as matrizes de decisão, análise de sensibilidade e simulação (CASSAROTO FILHO e KOPITTKKE, 2000). Para Simioni e Hoeflich (2006), as duas primeiras alternativas apresentam análises limitadas, pois não se conhece qualquer informação sobre a distribuição de probabilidade, enquanto a simulação pode ser obter resultados oscilando mais de uma variável, sendo possível estabelecer um cenário que irá embasar a tomada de decisão.

O preço de venda dos produtos florestais, a variação cambial e alterações no manejo da floresta são alguns dos fatores de incertezas que aparecem no planejamento florestal, e que, embora bastante discutido, ainda há poucos estudos sobre a utilização de métodos não convencionais na avaliação de risco no planejamento florestal (Protil, 1993).

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1. Dados

Foram utilizados dados e informações de uma fazenda modelo, contendo 18 unidades de manejo (UM), com área total de 1800 ha. No início do horizonte de planejamento (HP) esta área total estava dividida em seis classes de idades (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 anos), cada uma com 300ha de área.

3.2. Modelo, Dados e Simulações de Cenários

O modelo de programação inteira mista, foi formulado empregando o sistema RPF (www.dapflorestal.com.br). As unidades de manejo foram geradas pelo modelo II, com a utilização de variável binária na escolha das prescrições. Restrições de área, volume mínimo e máximo e restrição de plantio em prescrições com reforma em cada período também foram formuladas.

Como um dos objetivos é comparar o resultado do modelo nos diferentes cenários em que o plantio não é realizado em sua totalidade após o corte, não foram implementadas restrições de regulação da produção.

O Horizonte de planejamento considerado (HP) foi de 21 anos e as prescrições incluíram corte seguido de reforma e corte seguido de brotação, com até três rotações. A variação das idades de corte foram de 7 a 8 anos e os limites mínimo e máximo de demanda volumétrica por período foram estipulados entre 65.000 e 90.000 m³. Para os períodos onde ocorressem falta de madeira, foi considerada a possibilidade de compra.

A tabela de produção utilizada (Tabela 1) foi disponibilizada pela empresa florestal onde se encontram os 1800ha. A tabela de custos de silvicultura e colheita utilizada foram construídas por Binoti (2010) (Tabela 2 e 3). O custo de colheita foi dividido em 2 estratos, de acordo com a dificuldade da colheita de cada talhão.

Tabela 1– Tabela de produção (m^3ha^{-1}) por rotação e idade.

Rotação	Idade (anos)	Volume (m^3ha^{-1})
1	1	71,1
	2	97,87
	3	132,34
	4	174,99
	5	225,19
	6	280,96
	7	339,05
	8	395,64
	9	447,29
	10	491,71
2	1	67,54
	2	92,98
	3	125,73
	4	166,24
	5	213,93
	6	266,91
	7	322,1
	8	375,86
	9	424,93
	10	467,12

Tabela 2– Custos empregados para avaliação econômica dos modelos de planejamento (BINOTI, 2010)

Ano	Atividades	Rendimento	Unidade	Custo Unitário	Aplicação (%)	Total (R\$/ha)
1º ano	Adubação Manual (Calcário)	20	hh	14,73	100%	294,58
1º ano	Adubação NPK 06-10-29	13	hh	14,34	100%	186,47
1º ano	Adubação NPK 06-30-06	10	hh	12,4	100%	123,95
1º ano	Ajudante Florestal	20	hh	11,39	100%	227,73
1º ano	Alinhamento/Marcação	10	hh	11,39	100%	113,87
1º ano	Capina Química Manual Total	11	hh	14,51	8%	127,68
1º ano	Capina Química Mecânica Total	0.95	hh	88,26	20%	16,77
1º ano	Combate à Formiga Sistemático	3.5	hh	11,93	100%	41,75
1º ano	Combate à Formiga Convencional	8	hh	11,93	110%	104,97
1º ano	Coveamento Motorizado	17	hh	22,99	80%	312,63
1º ano	Irrigação Caminhão Pipa	16	hh	18,57	100%	297,18
1º ano	Limpeza Manual	80	hh	11,39	30%	273,29
1º ano	Operador de Motosserra	2	hh	27,69	100%	55,38
1º ano	Planificação	5	hh	80	0%	-
1º ano	Plantio c/ Gel	17	hh	16,71	100%	284
1º ano	Replanteio c/ Gel	7	hh	16,71	100%	116,94
1º ano	Roçada Manual	30	hh	11,39	70%	239,13
1º ano	Subsolagem/Fosfatagem	1.5	hh	135,7	20%	40,71
1º ano	Calcário	1.5	t	59,94	100%	89,91
1º ano	Cupinicida	0.03	kg	845,13	100%	27,89
1º ano	Formicida	8	kg	4,27	100%	37,58
1º ano	Frete Mudanças/ Insumos	1	ha	132	100%	132
1º ano	Gel	3	kg	6,69	100%	20,07
1º ano	Herbicida	6	l	9,53	100%	57,18
1º ano	Map	0.33	hg	1,35	100%	0,45
1º ano	Mudar	1.2	mil	231,4	100%	277,71
1º ano	NPK 06-10-29	0.4	t	949,95	100%	379,98
1º ano	NPK 06-30-06	0.12	t	939,71	100%	113,57
1º ano	Topografia	1	ha	65,67	100%	65,67
2º ano	Adubação NPK 06-10-29	13	hh	14,34	100%	186,47
2º ano	Ajudante Florestal	10	hh	11,14	100%	111,4
2º ano	Capina Química Manual Total	15	hh	14,51	100%	217,64
2º ano	Combate à Formiga Convencional	6	hh	11,93	110%	78,73
2º ano	Construção Manual de Aceiro	200	hh	11,93	10%	227,74
2º ano	Coroamento	16	hh	11,93	100%	182,19

Ano	Atividades	Rendimento	Unidade	Custo Unitário	Aplicação (%)	Total (R\$/ha)
2º ano	Roçada Manual - Pós-Plantio	16	hh	11,93	100%	182,19
2º ano	Formicida	7	kg	4,27	110%	32,88
2º ano	Herbicida	3	l	9,53	100%	28,59
2º ano	NPK 06-10-29	0.4	t	949,95	100%	379,98
3º ano	Capina Química Manual Total	13	hh	14,51	100%	188,62
3º ano	Combate à Formiga Convencional	6	hh	11,93	110%	78,73
3º ano	Manutenção Manual de Aceiro	200	hh	11,39	10%	227,74
3º ano	Roçada Manual	16	hh	11,39	100%	192,19
3º ano	Formicida	5	kg	4,27	110%	23,49
3º ano	Herbicida	6	kg	9,53	100%	57,18
4º 5º 6º e 7º ano	Capina Química Manual Total	6	hh	11,93	110%	78,73
5º 6º e 7º ano	Formicida	2	kg	4,27	110%	9,39

A taxa de juros utilizada foi de 8% ao ano, valor de venda da madeira fixada em R\$50,00/m³, valor de venda de madeira foi de R\$100,00/m³ e o valor residual da madeira após o horizonte de planejamento de R\$50,00.

Tabela 3 – Custos referentes a colheita (BINOTI, 2010)

Dificuldade colheita	Limite Mínimo de Produtividade	Limite Máximo de Produtividade	Valor (R\$/m ³)
1	-1	100	7,00
1	100	200	6,00
1	200	300	5,00
1	300	1000	4,00
2	-1	100	8,00
2	100	200	7,00
2	200	300	6,00
2	300	1000	5,00

O modelo gerado pelo software RPF foi processado utilizando o programa Lingo (15.0), disponibilizado para a execução deste estudo pela Lindo Systems Inc. (<http://www.lindo.com>).

Foram montados cenários em que a variável plantio após o corte (P_k) nas prescrições com reforma foram modificados, fazendo com que a execução do planejamento tático e operacional no que se refere ao plantio seja diferente da elaborada pelo planejamento estratégico previamente processado. Essa mudança na execução do plantio foi baseada em fatores como perdas de área, redução de custos e problemas de plantio. Com essas modificações, o VPL (valor presente líquido) obtidas pelo novo cenário foram comparados e analisados os ganhos ou perdas em função dessas mudanças. Os grupos de cenários gerados e avaliados foram:

- Reforma total em todos os anos
- Reforma de 0 a 100% no terço inicial do Horizonte de Planejamento (HP) (1° ao 7° ano);
- Reforma de 0 a 100% no terço médio do HP (8° ao 14° ano);
- Reforma de 0 a 100% no terço final do HP (15° ao 21° ano);
- Reforma de 0 a 100% na metade inicial do HP (1° ao 11° ano);
- Reforma de 0 a 100% na metade final do HP (12° ao 21° ano);
- Reforma de 0 a 100% em todos os anos do HP.

4. RESULTADOS:

O modelo de programação inteira mista construído foi:

Função Objetivo:

$$MAX L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^q X_{ijk} C_{ijk} + \sum_{k=1}^q R_k \quad (1)$$

Sujeito a:

$$X_{ijk} = A_{ik} * P_{ij} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m P_{ij} = 1, \text{ para todo } i \quad (3)$$

$$Dmin_k \leq \sum_{o=1}^w \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_o X_{ijk} \{k = 0, 1, \dots, H-1\} \quad (4)$$

$$Dmax_k \geq \sum_{o=1}^w \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_o X_{ijk} \{k = 0, 1, \dots, H-1\} \quad (5)$$

$$A_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ijk} \{k = 0, 1, \dots, H-1\} \quad (6)$$

$$L_k = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ijk} \{k = 0, 1, \dots, H-1\} \quad (7)$$

$$L_k \leq A_k * P_k \{k = 0, 1, \dots, H-1\} \quad (8)$$

$$L_k \in \{0, 0.1, \dots, 1\} \quad (9)$$

$$P_{ij} \in \{0, 1\} \quad (10)$$

Em que R é o valor presente líquido global (R\$);

n é o número total de unidades de manejo;

m é o número total de alternativas de manejo para a i-ésima unidade de manejo;

q é o período no horizonte de planejamento;

X_{ijk} é a área (ha) da unidade de manejo i no período q proveniente da j-ésima alternativa de manejo;

C_{ijk} é o valor presente líquido por área (ha) da i-ésima unidade de manejo adotando a j-ésima alternativa de manejo;

R_k é o valor presente líquido proveniente da compra de madeira no k-ésimo período do horizonte de planejamento;

A_{ik} é a área da unidade de manejo i no ano k;

P_{ij} é as alternativas de manejos para a unidade de manejo i;

$Dmin_k$ e $Dmax_k$ são as demandas volumétricas (m^3) mínimas e máximas respectivamente em cada período do horizonte de planejamento k;

V_o é volume por hectare (m^3/ha) na idade o , definidas por tabela de produção;

A_k são áreas das prescrições corte com reforma j no período k ;

L_k são áreas efetivamente plantada da prescrição j após a reforma no período k ;

P_k é o fator de plantio das áreas cortadas no período k com prescrição j de corte e reforma.

Este modelo foi resolvido utilizando o software LINGO 15.0, resultando em soluções viáveis em quase todos os cenários, sendo que somente o cenário que não havia plantio após os cortes em todos os períodos que não apresentou uma solução viável. Neste cenário não foi possível suprir a demanda mínima em nenhum período do horizonte de planejamento, pois como não havia o plantio, houve o esgotamento da floresta.

Nos demais cenários, a redução do plantio após a colheita reduziu o VPL Global, ainda que de modo bem discreto, e foi necessário a compra de madeira em alguns períodos do horizonte de planejamento. A causa dessa redução se deu pela seleção das prescrições com talhadia em substituição às com reforma, mesmo que as brotações tenham uma produtividade menor. Quanto maior a redução de plantio, seja ao longo do horizonte de planejamento ou em porcentagem por período, maior foi a redução do VPL. A tabela 4 contém a variação em porcentagem em relação ao cenário convencional (corte e plantio total) em relação aos cenários testados.

Tabela 4 – Variação máxima e mínima do VPL em relação ao cenário convencional.

Cenário	Porcentagem VPL em Relação ao Convencional (corte e reforma total)	
	Min	Máx
Terço Inicial	91.94	99.93
Terço Médio	98.96	99.93
Terço Final	99.4	99.45
Metade Inicial	89.86	99.65
Metade Final	98.39	98.84
Todos os Anos	75.9	97.67

No cenário convencional, no qual há o plantio total após a colheita nas prescrições com reforma, não houve necessidade de compra de madeira e o VPL gerado foi de R\$ 26.782.580,00 (Tabela 6). Mesmo não tendo restrições de regulação florestal, a Figura 1 evidencia que não houve grandes variações de volume de madeira ao longo dos anos.

Tabela 4 – Volume cortado (m³), volume comprado (m³) e VPL obtido pelo cenário convencional

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Reforma	100/																					
Volume corte (m ³)	73469	89458	89458	67810	73469	67810	89458	84293	89458	84986	89458	84986	84986	84986	84986	84986	84986	84986	84986	89458	84986	89458
Volume compra (m ³)	0																					
VPL Geral	R\$																			26.782.580,00		

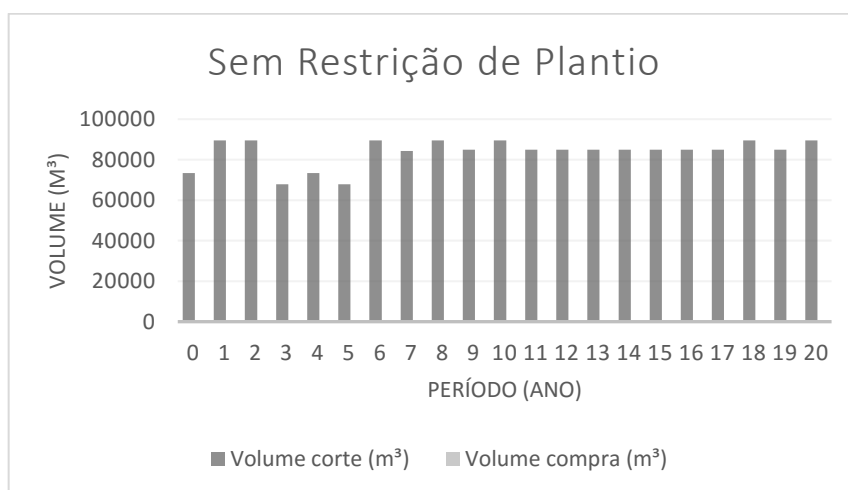


Figura 1 – Distribuição do volume cortado (m³) ao longo dos Períodos do Horizonte de Planejamento sem restrição de plantio.

Nos cenários com variação de 0% a 100% do plantio no terço inicial do HP (1º ao 7º ano), houve uma redução gradativa do VPL, sendo que a situação em que não houve plantio após o corte, a diferença entre o convencional foi de R\$ 2.156.110,00 o que corresponde à uma perda de 8,06% do investimento. Já a redução mínima (90% plantada), a diferença foi de R\$ 24.300,00, representando 0,09% (Tabela 5). Foi necessário a compra de madeira em alguns cenários, destacando o cenário com 0% de plantio, que teve compra de madeira no período 11, e o cenário com 30% de plantio, com falta de madeira nos períodos 11 e 18. (Tabela 6).

Nos cenários com variação de 0% a 100% do plantio no terço médio HP (8º ao 14º ano), houve uma redução gradativa do VPL, sendo que a situação em que não houve plantio após o corte, a diferença entre o convencional foi de R\$ 216.990,00 o que corresponde à uma perda de 1,04% do investimento. Já a redução mínima (90% plantada), a diferença foi de R\$ 158.880,00 representando 0,09% (Tabela 5). Esses cenários não foram necessários a compra de madeira, pois todas as demandas foram satisfeitas (TABELA 6).

Ao considerar variações de 0% a 100% no terço final do HP (15º ao 21º ano), a redução do VPL foi a mesma entre 0% e 80% de plantio, com uma diferença em relação ao convencional de R\$ 147.960,00, representando 0,552% de perda. Com 90% de plantio houve apenas um aumento de R\$ 2.420,00 em relação aos demais cenários (Tabela 5). Tanto os cenários com redução no terço médio, quanto no terço final, a diminuição do VPL foi pequena comparada com os cenários de redução do terço inicial. Uma das causas se deve a que nesses cenários as prescrições assinaladas foram as que houveram pelo menos um corte seguido de reforma, o que faz com que a demanda de madeira de todos os períodos seja satisfeita. Semelhante aos cenários com redução no terço médio, não foi necessário a compra de madeira em nenhum período do horizonte de planejamento (Tabela 6).

Nos cenários com variação de 0% a 100% de plantio na metade inicial do HP (1º ao 11º ano), observa-se uma redução do VPL de 10,14%, uma perda de R\$ 2.713.530,00 (com 0% de plantio). O aumento do VPL seguiu o aumento de plantio em cada período, sendo que com 90% de plantio, essa perda representou apenas 0,35% do VPL, no cenário convencional (Tabela 5). Para 0% a 70% de plantio houve a necessidade de compra de madeira em pelo menos um período, sendo 0% e 10% os casos que resultaram nos maiores volumes para compra, com 65.000m³ e 56.634m³, respectivamente (Tabela 6).

Assim como nos cenários com redução de plantio nos terços médio e final do horizonte de planejamento, reduções de 0% a 100% na metade final do HP (12º ao 21º ano) não resultaram em grandes variações de VPL, sendo que a maior foi de 1,61%, o que representa uma perda de R\$ 448.140,00. (Tabela 5). Novamente, uma das causas se deve a escolha das prescrições com reforma no início do HP, fazendo com que a demanda de madeira seja cumprida e evitando a compra de madeira. Todas as demandas de madeira também foram satisfeitas, não sendo necessário a compra de madeira em nenhum período (Tabela 6).

Os cenários que resultaram maiores perdas de VPL, com a redução do plantio, chegando a perdas de 24,1%, representando R\$ 6.431.180,00 (cenário com 10% de plantio em todos os anos) foram aqueles com variações na redução de plantio (0% a 100%) em todos os anos do

horizonte de planejamento. Mesmo com 90% de plantio, houve 2,33% na redução do VPL (Tabela 5). Nos cenários de plantio de 0% a 70% do total cortado, houve a necessidade de compra de madeira em pelo menos um período (Tabela 6). Na Figura 2 são apresentados os gráficos em que são exibidos o volume de madeira atendida em cada período (m^3), o volume de madeira comprado (m^3) para atingir o mínimo da demanda e o VPL resultante em cada grupo de cenários testados.

Tabela 5 – VPL (R\$) obtido considerando variações de 0% a 100% na área de reforma (plantio) em diferentes períodos do horizonte de planejamento.

Cenário		Terço Inicial HP	Terço Médio HP	Terço Final HP	Metade Inicial HP	Metade Final HP	Todos os Anos HP
Percentagem de Variação na Área de Reforma	0%	R\$ 24.626.470,00	R\$ 26.565.590,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 24.069.050,00	R\$ 26.334.440,00	-
	10%	R\$ 24.804.830,00	R\$ 26.504.850,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 24.345.600,00	R\$ 26.370.830,00	R\$ 20.351.400,00
	20%	R\$ 25.135.170,00	R\$ 26.544.800,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 24.661.090,00	R\$ 26.375.160,00	R\$ 21.373.300,00
	30%	R\$ 25.496.850,00	R\$ 26.665.460,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 25.179.270,00	R\$ 26.398.850,00	R\$ 22.442.440,00
	40%	R\$ 26.147.070,00	R\$ 26.676.490,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 25.844.210,00	R\$ 26.423.600,00	R\$ 23.572.520,00
	50%	R\$ 26.506.560,00	R\$ 26.768.920,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 26.321.700,00	R\$ 26.446.710,00	R\$ 24.498.980,00
	60%	R\$ 26.698.010,00	R\$ 26.762.760,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 26.555.310,00	R\$ 26.469.820,00	R\$ 24.973.270,00
	70%	R\$ 26.760.110,00	R\$ 26.756.600,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 26.672.100,00	R\$ 26.452.980,00	R\$ 25.515.740,00
	80%	R\$ 26.764.320,00	R\$ 26.631.860,00	R\$ 26.634.620,00	R\$ 26.627.360,00	R\$ 26.467.120,00	R\$ 25.589.380,00
	90%	R\$ 26.758.280,00	R\$ 26.623.700,00	R\$ 26.637.040,00	R\$ 26.689.800,00	R\$ 26.473.200,00	R\$ 26.158.550,00

Tabela 6 – Volume de madeira comprada (m³) necessária para atingir a demanda nos cenários com variação de plantio de 0% a 100%.

% Reforma	Cenário	Volume de madeira comprada (m ³) /ano																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0%	Terço Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Terço Médio HP													0								
	Terço Final HP													0								
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP													-								
10%	Terço Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56054	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Terço Médio HP													0								
	Terço Final HP													0								
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56054	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56054	0	0	0	0	0	7813,2	580	0	0
20%	Terço Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47108	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Terço Médio HP													0								
	Terço Final HP													0								
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14424	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47108	0	0	0	0	0	1032,2	580	0	0
30%	Terço Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26293	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Terço Médio HP													0								
	Terço Final HP													0								
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14424	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26293	2126,1	0	0	0	2164	2164	580	0	0

% Reforma	Cenário	Volume de madeira comprada (m ³) /ano																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
40%	Terço Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Terço Médio HP												0									
	Terço Final HP												0									
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13391	0	0	0	0	290	0	580	0	0
50%	Terço Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3319	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Terço Médio HP												0									
	Terço Final HP												0									
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	489	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	489	0	0	0	0	0	0	580	0	0
60%	Terço Inicial HP													0								
	Terço Médio HP												0									
	Terço Final HP												0									
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	576,59	0	0	0	580	0	0
70%	Terço Inicial HP													0								
	Terço Médio HP												0									
	Terço Final HP												0									
	Metade Inicial HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	580	0	0
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2379,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80%	Terço Inicial HP													0								
	Terço Médio HP													0								
	Terço Final HP													0								

% Reforma	Cenário	Volume de madeira comprada (m ³) /ano																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
90%	Metade Inicial HP													0								
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP													0								
	Terço Inicial HP													0								
	Terço Médio HP													0								
	Terço Final HP													0								
	Metade Inicial HP													0								
	Metade Final HP													0								
	Todos os Anos HP													0								

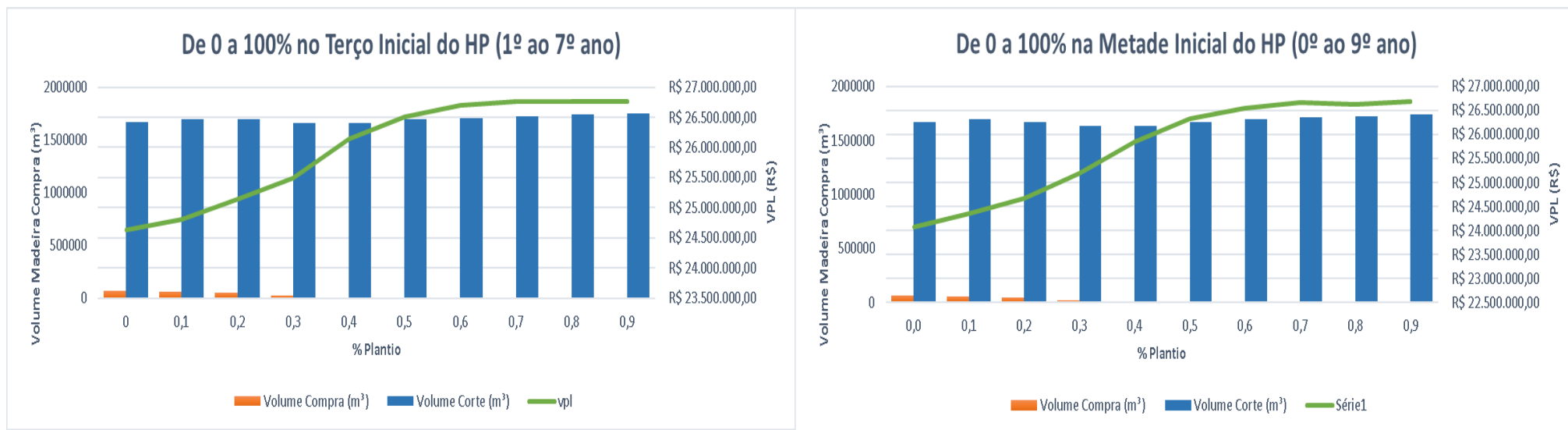
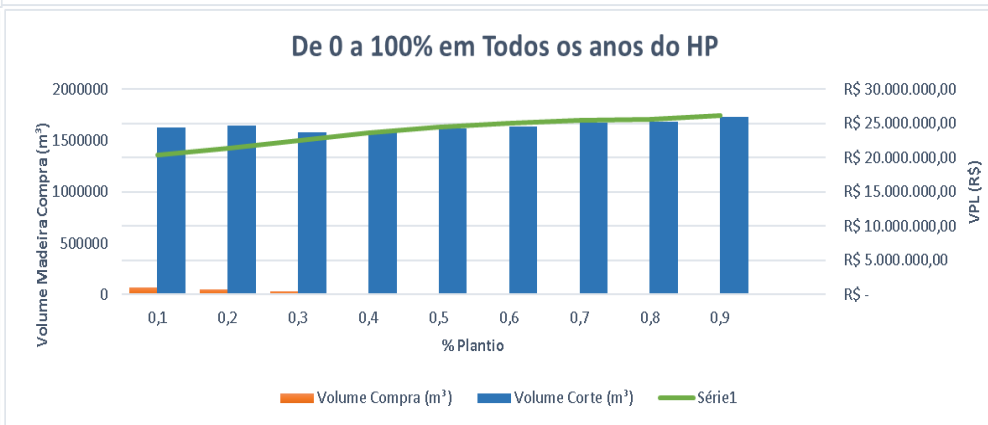
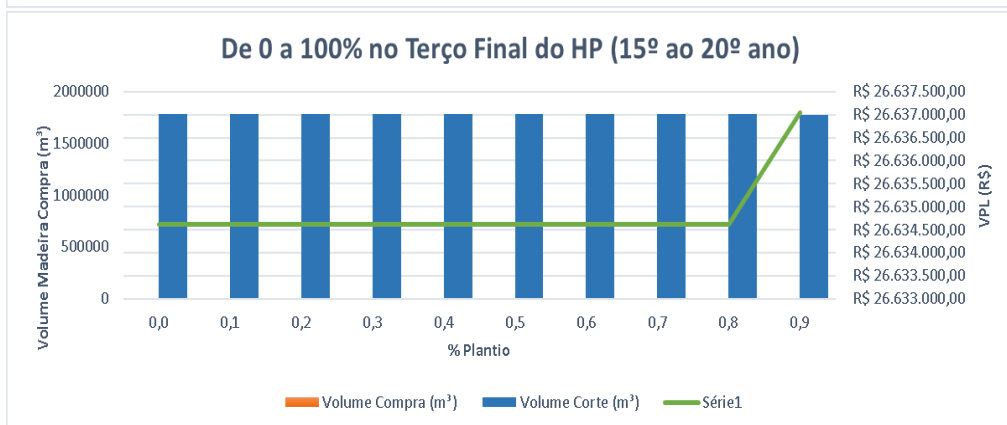
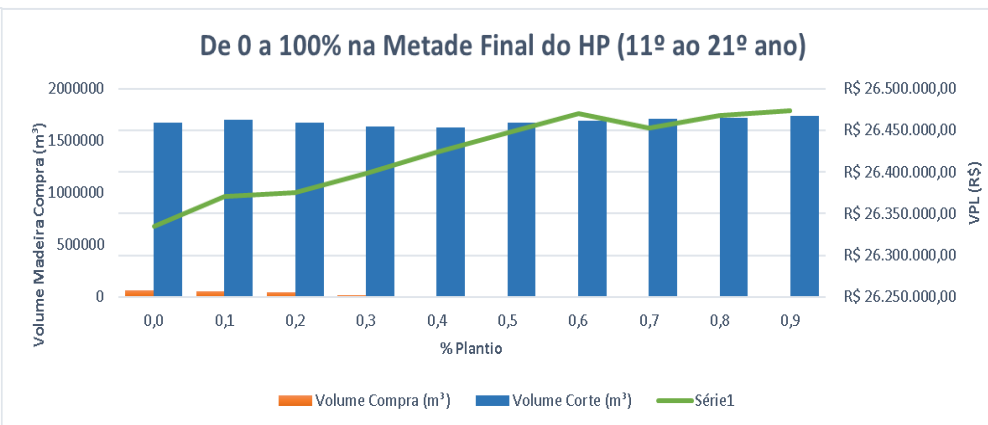
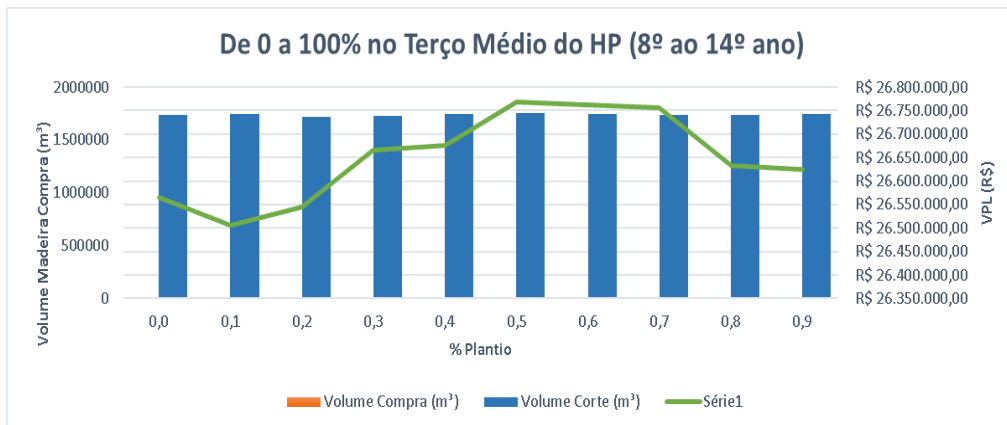


Figura 2 – Volume colhido (m³), Volume de madeira comprada (m³) e VPL (R\$) obtido pelos grupos de cenários testados.

Cont. Figura 2.



5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A utilização de ferramentas de pesquisa operacional em problemas de planejamento florestal contribui para a tomada de decisão sobre o manejo adequado. No entanto, por ter um horizonte de planejamento grande e o material trabalhado ser biológico, há diversos riscos e incertezas que o modelo não é capaz de prever. Flutuações econômicas, perdas de áreas por queimadas ou pragas, redução da verba do planejamento são alguns exemplos. Em todos os casos há algum impacto na resposta gerada pela otimização do modelo.

A redução de área de reforma após o corte reduziu o VPL em todos os cenários testados, de acordo com as três dimensões da variável: intensidade, período e tempo. Todas essas dimensões tendem a exaurir os recursos florestais, pois, de alguma forma sua retirada não é reposta.

Quanto a intensidade, verificou-se que em todos os cenários, quanto maior a redução da área reformada, menor o VPL. Isso indica que embora o planejamento consiga absorver parte dessa redução, pela escolha de prescrições contendo condução da brotação, ela ainda não é capaz de produzir como se fosse totalmente reformada.

Em relação ao período, quanto mais próximos do início do horizonte de planejamento, maiores são as perdas de VPL, devido à redução de áreas disponíveis para produção e corte de madeira por mais tempo durante o horizonte de planejamento. Também se deve ao fato de ter havido um primeiro corte, no início do planejamento que poderia aumentar o volume produzido e com isso gerar um maior VPL. No entanto, as perdas advindas das reduções no final do horizonte de planejamento podem ser sentidas pós período de transição, pois haverá falta de madeira para suprir a demanda mínima nos primeiros períodos.

O tempo em que as reduções vão acontecer também mostraram uma relação direta com a diminuição do VPL. A reforma incompleta em um terço, metade ou ainda, em todos os períodos do horizonte do planejamento, estão relacionadas diretamente com a redução do VPL, quando comparado com o cenário em que houve reforma total.

Embora o modelo tenha sido testado somente com reduções nas reformas, ele pode ser utilizado em situações onde existam incertezas, tais como: aumento da área de plantio, perdas de áreas por incêndios ou pragas, necessidade de aumento ou redução do volume de madeira cortada.

O modelo proposto neste estudo é eficiente para verificar o impacto que a redução de área de reforma pode gerar no planejamento, podendo ser utilizado na tomada de decisão de quanto o não investimento na reforma pode impactar futuramente. As reduções de plantio no início do horizonte de planejamento resultam em menor VPL final. Isto porque já no início do planejamento o volume de madeira se torna comprometido, devido a seleção das prescrições com talhadia, ou seja, que produzem um volume menor se comparadas ao plantio inicial.

A baixa variação do VPL em alguns grupos de cenários em grande parte se deve à mudança da prescrição selecionada para talhadia em relação às prescrições com reforma. Isto demonstra que mesmo com redução do volume na condução da brotação, essa se torna uma opção para períodos em que não há disponibilidade de reforma da área cortada.

O cenário com redução de plantio em todos os períodos do horizonte de planejamento foi o que resultou em menor VPL, evidenciando que os recursos florestais quando não repostos podem levar ao esgotamento florestal. Embora os cenários com redução de plantio no final do horizonte de planejamento resultem em maiores VPL, a influência na falta de madeira ocorrerá nos próximos horizontes, seja pela escolha de prescrições com talhadia nos últimos cortes, que produzem volumes menores nos próximos cortes, ou pela escolha de prescrições com reforma, mas com redução de plantio.

Algumas sugestões para estudos futuros são: simular cenários de redução de reforma em anos intercalados, verificando se há uma menor variação da receita final, simular cenários de redução e aumento de áreas de reforma, para verificar se as novas áreas conseguem absorver a perda de receita gerada pelas reduções, simular variações de juros, preço de madeira, produtividade e preço de compra de madeira e modificar a função objetivo para reduzir o custo médio de produção, maximizar a produção e reduzir o custo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABREU, P.F.S.P. & STEPHAN, C.: **Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro, Campus, 1982, 280 p. Curitiba, 2006. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Paraná.

ALVES, M.V.G.; KOEHLER, H.S.; MELO, B.F. **Use of a relational database in a Geographical Information System (GIS) for forest register purposes**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, 2005. P. 2003-2009

AMARAL, T.M. **Inclusão do controle de deflúvio em modelos de gestão florestal: um estudo no vale do Paraíba -SP**. Piracicaba, 2002, 64f. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP.

ANDRADE, A. de L. **Pensamentos Sistêmicos: Um roteiro básico para perceber as estruturas da realidade organizacional**. REAd Ed.05. Vol.03. n.1, 1997.

ANDERSSON, D. **Approaches to integrated strategic/tactical forest planning**. Swedish University of Agricultural Sciences. Dissertação (mestrado). Departamento de manejo de recursos, Uppsala, 2005.

AHRENS, S. **O manejo de recursos florestais no Brasil: conceitos, realidades e perspectivas**. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1997, Curitiba. Tópicos em manejo florestal sustentável. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 5-18. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

ARAÚJO JÚNIOR, C.A., **Simulação multiagentes aplicada ao planejamento da produção florestal sustentável**. 2012. 75p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BETTINGER, P., SESSIONS, J., Spatial forest planning: to adopt, or not to adopt? **J. Forestry**, vol 101, n. 2, p. 24–29, 2003.

BETTINGER, P.; LENNETTE, M.; JOHNSON, K.N.; SPIES, T.A. A hierarchical spatial framework for forest landscape planning. **Ecological Modelling**, vol 182, p.25–48, 2005.

BETTINGER, P., BOSTON, K., SIRY, J.P., GREBNER, D.L. Hierarchical System for Planning and Scheduling Management Activities. **Forest Management and Planning**, p.258-263, 2009.

BETTINGER, P.; GRAETZ, D.; BOSTON, K.; SESSIONS, J. & CHUNG, W., Eight heuristic planning techniques applied to three increasingly difficult wildlife planning problems. **Sival Fennica**, vol.36, n. 2, p. 561-584, 2002.

BINOTI, D.H.B. **Estratégias de regulação de florestas equiâneas com vista ao manejo de paisagem**. 2010. 145p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

BORGES, J.G. Sistemas de apoio à decisão em planejamento em recursos naturais e ambiente. **Revista Florestal**, Lisboa, v.9, n.3, p. 37-44, 1996.

Bracelpa – **Anuário 2014**. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>. Acesso em 8 de junho de 2016.

Bracelpa – **Dados Estatísticos** . Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/34>>. Acesso em 8 de junho de 2016.

CAMPOS, J.C.C, LEITE, H.G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 4º Ed. Viçosa: Editora UFV, 2013, 600p.

CARVALHO, Kaio Henrique Adame de, **Influência de variáveis econômicas em modelos de regulação florestal**. 2012. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2012.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2000. 458 p.

CIFlorestas. **Análise Conjuntural – Março/2016**. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/a_n_estruturais_1766468573.pdf>. Acesso em 04 de março de 2016.

COGSWELL A.; FEUNEKES, U. **A hierarchical approach to spatial forest planning**. In Proc. of the Symp. on Systems Analysis in Forestry , 1997.

DANTZIG, G.B. **Linear programming and extensions**. Princeton University Press, New Jersey. Davis, L.S. 1963. 627p.

DO NASCIMENTO, F. A. F., ARCE, J. E., DIAS, A. N., FIGUEIREDO FILHO, A., de MAGALHÃES MIRANDA, G., & Carnieri, C. **Meta-Heurística Otimização por Enxame de Partículas Aplicada ao Planejamento Florestal** In: LOPES, H.S.; RODRIGUES, L.C.A; STEINER, M.T.A., Meta-heurísticas em pesquisa operacional, Curitiba, PR, Omnipax, 2013, cap. 22, pag. 356-366.

FABRIN, E.; GIOTTO, E. **Monitoramento florestal em microbacias hidrográficas na Carta Santa Maria – Análise de um sistema de informações geográficas**. In: I Simpósio sobre Ecossistemas Naturais do Mercosul: o ambiente florestal, 1996, Santa Maria. Anais. Santa Maria: UFSM-CEPEF, 1996. P. 127-132.

FIGUEIREDO, A. M. et al. – **Integração na Criação de Frangos de Corte na Microrregião de Viçosa – MG**: Viabilidade Econômica e Análise de Risco, RER, Rio de Janeiro, vol. 44, nº04, p. 713-730, out/dez 2006 – Impressa em dezembro.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Harbra, 2002. 841 p.

GOMIDE, L.R.; ARCE, J.L. & SILVA, A.C.L., Uso do algoritmo genético no planejamento florestal considerando seus operadores de seleção. **Revista Cerne**, vol.15, n. 4, p. 460-467, 2009.

Indústria Brasileira de Árvores - IBA – **Papel**. Disponível em: <<http://iba.org/pt/produtos/papel>>. Acesso em 14 de junho de 2016.

Indústria Brasileira de Árvores - IBA – **Cenário 2015**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Cenarios_Janeiro.pdf>. Acesso em 14 de junho de 2016.

JACOBSSON, J. 1986. **Optimization and data requirements – A forest management planning problem. Section of mensuration and management**, Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå.

JORGENSEN, S.E. Editorial: 25 years of ecological modeling by Ecological Modelling. **Ecological Modeling**, vol. 126, p. 95-99, 2000.

HEINONEN, T. & PUKKALA, T., A comparison of one and two compartment neighbourhoods in heuristic search with spatial forest management goals. **Silva Fennica**, vol. 38, n. 3, p. 319-332, 2004.

HOSOKAWA, R.T. MENDES, F.B. Planejamento Florestal (Técnicas para manutenção da contribuição do setor florestal à Economia Nacional). **Revista Floresta**, v. 15, n. 2, 1984.

KNIGHT, F.H.. Risk, Uncertainty and Profit. **London School of Economics and Political Science, Reprints of Scarce Tracts**, n. 16, 381 p., 1921.

LACHTERMACHER, G., **Pesquisa Operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. Reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 226p, 2007.

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

MARTINS, Leandro T.; TEIXEIRA, Alessandro de F.; JUNIOR, Antonio A. de B. Metaheurística algoritmo genético na solução de modelos de planejamento florestal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 160-166, 2009.

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. **Planejamento. Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa, MG. p. 185-230, 2008.

MURRAY, A.T., CHURCH, R.L., 1995^a. **Heuristic solution approaches to operational forest planning problems**. OR Spektrum 17, 193–203.

NOBRE, S.R.; RODRIGUEZ, L.C.E.; SILVEIRA, L.E.S.; SIMÕES, G. Componentes Básicos de um Modelo Relacional de Dados para a Gestão Florestal. **Silva Lusitânia**, Lisboa, v.12, n. especial, p. 103-117, 2004.

ÖHMAN, K. **Forest Planning with Consideration to Spatial Relationships**. Tese (doutorado). Swedish University of Agricultural Science, Ultuna, p.32. 2001.

PINDYCK, R. S. e RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 711 p.

PROTIL, R. M..**Análise de risco em investimentos florestais**, 32º Congresso de Economia e Sociologia Rural, João Pessoa, PB, 1994.

PROTIL, R. M., **Desenvolvimento de um sistema computacional para análise de risco em investimentos florestais**, Dissertação de Mestrado, PPGA/UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS., 1993.

REMADE – **Revista da Madeira – Mercado de exportações de móveis**. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/banco-dados/42/mercado-externo/exportacoes-brasileiras-de-moveis---us\\$fob---2015](http://www.remade.com.br/banco-dados/42/mercado-externo/exportacoes-brasileiras-de-moveis---us$fob---2015)>. Acesso em 12 de maio de 2016.

REMADE – **Revista da Madeira – Mercado de exportações setor florestal**. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/banco-dados/102/mercado-externo/exportacoes-brasileiras-cap-44--94*--48-e-47---us\\$fob](http://www.remade.com.br/banco-dados/102/mercado-externo/exportacoes-brasileiras-cap-44--94*--48-e-47---us$fob)>. Acesso em 12 de maio de 2016.

REMSOFT (2002) **Woodstock 3 User's Guide**. Remsoft Inc., Fredericton, New Brunswick, Canada.

RODRIGUES, F.L.; LEITE, H.G.; SANTOS, H.N. & SOUZA A.L., Soluções de problemas de planejamento florestal com restrições de inteireza utilizando busca tabu. **Revista Árvore**, vol. 27, n. 5, p. 701-713, 2003.

RODRIGUES, F.L.; LEITE, H.G.; SANTOS, H.N.; SOUZA A.L. & RIBEIRO, A.A.S.R., Metaheurística simulated annealing para soluções de problemas de planejamento florestal com restrições de integridade. **Revista Árvore**, vol.28, n. 2, p. 247-256, 2004a.

RODRIGUES, F.L.; LEITE, H.G.; SANTOS, H.N.; SOUZA A.L. & SILVA, G.F., Metaheurística algoritmo genético para soluções de problemas de planejamento florestal com restrição de integridade. **Revista Árvore**, vol. 28, n. 2, p. 233-245, 2004b

SCHAEFER R.E. & BORCHERDING, K.: A Note on the Consistency Between Two Approachs to Incorporate Date from Unreliable Sources in Bayesian Analysis. **Organizational Behavior and Human Performance**, n. 9, p. 504-8, 1973.

SESSIONS, J.; BETTINGER, P.; MURPHY, G. Heuristics in Forest Planning. Handbook of Operations Research in Natural Resources. **Springer Science & Business Media**, EUA, vol. 99, p.431-448, 2007.

Setor Energético. **Contribuição do Setor Florestal pode manter o pib em 2016**. Disponível em: <<http://www.setorenergetico.com.br/sustentabilidade/contribuicao-do-setor-florestal-pode-manter-pib-em-2016/11815/>>. Acesso em 01 de maio de 2016.

SILVA, R.T. **Planejamento florestal, modelos de programação inteira multiobjectivo a aplicações**. Coimbra, 2004. 115p. Dissertação (Mestrado em Gestão da Informação nas Organizações) – Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2004

SILVA, Gilson Fernandes da, D.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2001. **Problemas no uso de programação matemática e simulação em regulação florestal**. Orientador: João Carlos Chagas Campos. Conselheiros: Helio Garcia Leite e Márcio Lopes da Silva.

SILVA, G.F.; PIASSI, L.C.; MORA, R.; MARTINS, L. T.; TEIXEIRA, A.F. & JUNIOR, A.A.B., Metaheurística algoritmo genético na solução de modelos de planejamento florestal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 4, n. 2, p. 160-166, 2009.

SIMIONI, F.; HOEFLICH, V. A. Avaliação de risco em investimentos florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 52, p. 79-92, jan./jun. 2006.

SIMONSEN, M. H. **Ensaio analítico**. Rio de Janeiro: FGV, 1 Ed., 1994. 426 p.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional: uma visão geral**. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 359p., 2008.

UNESP – **Pesquisa Operacional – Desenvolvimento e Otimização de Modelos Matemáticos por meio de Linguagem Gams**. Disponível em: <<http://www.feg.unesp.br/~fmarins/GAMS/apostilagams.pdf>>. Acesso em 8 de maio de 2016.

VAN RAFFE, J.K.. Tactic: a decision support system for forest management planning. **Computers and electronics in agriculture**, vol. 27, n.1, p. 413–415, 2000.

VOLPI, N. M. P. **O impacto de perturbações estocásticas em um modelo de planejamento florestal**. 1997. 268 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Orientador: Dr. Celso Carnieri.

WEINTRAUB, A.; CHOLAKY, A. A hierarchical approach to forest planning. **Forest Science**, v.37, n. 2, p. 439-460, 1991.

WEINTRAUB, A. and DAVIS, L. 1996. **Hierarchical planning in forest resource management: Defining the dimensions of the subject area**. In: Martell, D.L., Davis L.S. and Weintraub, A. (eds), Proceedings of a workshop on hierarchical approaches to forest management in public and private organizations. Petwawa National Forestry Institute. Information Report PI-X-124. ISBN 0-662-24108-8.