

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MBA MANEJO FLORESTAL DE PRECISÃO

ADENISE APARECIDA ULCHAK

SELEÇÃO OTIMIZADA DE REGIMES DE MANEJO EM PLANTIOS DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO SUDESTE DO PARANÁ

CURITIBA

2018

ADENISE APARECIDA ULCHAK

SELEÇÃO OTIMIZADA DE REGIMES DE MANEJO EM PLANTIOS DE *Pinus taeda* L. NA REGIÃO SUDESTE DO PARANÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Manejo Florestal de Precisão, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para a obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA

2018

Aos meus pais Ana e Antonio, meu irmão Alexandre e meu namorado Augusto, pela força, incentivo, apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que em sua plenitude permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo da minha vida, e não somente nestes anos como estudante, mas que em todos os momentos é o mestre dos mestres.

A Universidade Federal do Paraná e aos professores, que proporcionam momentos de elevado aprendizado não somente no âmbito técnico como também no pessoal, em especial ao Professor Doutor Julio Eduardo Arce, orientador, e amigo que dedicou horas preciosas no acompanhamento deste projeto.

Aos meus pais, pelo apoio, incentivo e amor incondicional.

A Remasa Reflorestadora e ao setor de planejamento, pela oportunidade e apoio na realização do trabalho, e de maneira especial ao Augusto, pelo incentivo, paciência e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu crescimento profissional, o meu muito obrigada.

“Sentir primeiro, pensar depois
Perdoar primeiro, julgar depois
Amar primeiro, educar depois
Esquecer primeiro, aprender depois
Libertar primeiro, ensinar depois
Alimentar primeiro, cantar depois
Possuir primeiro, contemplar depois
Agir primeiro, julgar depois
Navegar primeiro, aportar depois
Viver primeiro, morrer depois”

Mário Quintana

RESUMO

O manejo florestal exerce forte influência na tomada de decisão, no momento do planejamento estratégico, em que cada escolha realizada interfere na produção florestal. Para que o planejamento se torne mais competitivo, algumas técnicas podem ser adotadas para a otimização; uma delas é a programação linear (PL). A PL é empregada em softwares de apoio para auxiliar na resolução de problemas complexos, considerando a interação de boa parte das variáveis que afetam a decisão de seleção de regimes de manejo em cada área de uma empresa. Com a crescente pressão do mercado para produzir cada vez mais com cada vez menos, a otimização de operações e recursos é de suma importância. Portanto, o objetivo deste trabalho foi selecionar de forma otimizada regimes de manejo em plantios de *Pinus* afim de maximizar o lucro atendendo a diferentes mercados. Para tal foram simulados, por meio do software Optimber-LP, diversos cenários de otimização adotando regimes com e sem poda, bem como variações de preços de comercialização, custos e taxas para análise de sensibilidade, e definição do preço da tora podada ao nível de equivalência da rentabilidade de um regime sem poda. Com o propósito de fornecer informações para subsidiar a definição dos regimes de manejo a serem adotados pela empresa nos próximos 30 anos, os resultados apontaram que o cenário I (regimes sem poda) e o cenário III (regimes com e sem poda) apresentaram VPL de R\$ 25.157 ha⁻¹. Já no cenário II (regimes com poda) o VPL foi de R\$ 24.309 ha⁻¹, apresentando rentabilidade menor quando não há diferenciação de preço. O preço da madeira podada deve aumentar em 17% para que o retorno em regimes com poda seja igual ao retorno de regimes sem poda. Os fatores que exercem maior influência no Valor Presente Líquido são o preço da madeira e a taxa de desconto. Desta forma, como a redução do lucro esperado é considerado baixa, recomenda-se regimes de manejo com poda, devido aos benefícios inquantificáveis relacionados ao trato silvicultural.

Palavras-chave: Otimização. Planejamento estratégico. Programação linear.
Podas.

ABSTRACT

Optimized allocation of management systems in Pine plantations. Forest management exerts high influence in the decision-making, at the moment of strategic planning, where each choice causes interference in the forest production. For the planning to become more competitive, some techniques can be adopted for optimization; one of them is linear programming (LP). LP is used in support software to assist in the resolution of complex problems, considering the interaction of some variables/constraints that affect the decision, as well as the selection of management regimes in each area. The market pressures to increasingly produce, and each time with fewer resources, the optimization of operations and resources is of paramount importance. Therefore, the objective of this project was to select optimally management regimes in Pinus plantations to maximize the profit attending to different markets. To attend this objective, it was simulated in the software Optimber-LP, several scenarios of optimization adopting pruned and unpruned regimes, as well as variations of marketing prices, costs and fees for sensitivity analysis; definition of pruned logs price to the level of equal profitability of a regime without pruning. The purpose of this work was to provide information to assist the definition of management regimes to be adopted by the company over the next 30 years. The results showed that scenario I (regimes without pruning) and scenario III (pruned and unpruned regimes) presented NPV of BRL 25,157 ha⁻¹. In scenario II (pruned regimes) the NPV was BRL 24,309 ha⁻¹, presenting a lower profitability when there is no price differentiation. The price of pruned logs should increase by 17% so that the return in pruning regimes equals the return of unpruned regimes. The factors with major influence on the Net Present Value are the logs price and the discount rate. Thus, as the reduction of the expected profit is considered low, management regimes with pruning are recommended due to the unquantifiable benefits related to the silvicultural treatment.

Keywords: Optimization. Strategic planning. Linear programming. Pruning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização das áreas de atuação da Remasa.....	14
Figura 2 – Fluxograma com as possibilidades de regime de manejo.....	16
Gráfico 1 – Distribuição dos regimes de manejo do cenário I.....	21
Gráfico 2 – Distribuição dos regimes de manejo do cenário II.....	22
Gráfico 3 – Distribuição dos regimes de manejo do cenário III.....	22
Gráfico 4 – Distribuição dos regimes de manejo do cenário IV.....	23
Gráfico 5 – Influência de algumas variáveis no resultado financeiro.....	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CUSTOS SILVICULTURAIS.....	17
TABELA 2 – CUSTOS DE REALIZAÇÃO DAS PODAS.	17
TABELA 3 – CUSTOS DE COLHEITA.....	17
TABELA 4 – CUSTOS <i>OVERHEAD</i>	17
TABELA 5 – PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DA MADEIRA.....	18

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
3	JUSTIFICATIVA	13
4	MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1	Localização da área	14
4.2	Determinação dos regimes de manejo	15
4.3	Custos de produção	16
4.4	Preço de comercialização da madeira	18
4.5	Análise econômica	18
4.6	Otimização	19
4.7	Definição do preço mínimo para tora podada	19
4.8	Análise de sensibilidade	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1	Análise econômica dos cenários	21
5.2	Preço mínimo da tora podada	23
5.3	Análise de sensibilidade	24
6	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de florestas plantadas é referência mundial nos quesitos de produtividade e sustentabilidade. Esse setor é responsável por 91% da madeira para fins industriais e corresponde a um PIB industrial de 6,2%. A indústria de árvores plantadas possui amplo potencial de crescimento, embora enfrente grandes desafios com a crise político-econômica mundial (IBÁ, 2017).

A área ocupada por plantios de pinus corresponde a 1,6 milhão de hectares, localizados, principalmente, no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%). A produtividade média do gênero *Pinus* no ano de 2016 foi de 30,5 m³/ha/ano (IBÁ, 2017). O mercado de toras de *Pinus*, quanto à lenha, encontra-se em fase de estabilidade à queda, devido à alta oferta do produto e consumo estável. Já as toras grossas de madeira destinada para serrarias e laminadoras apresentam preços nominais com tendência de alta, impulsionada pelo aumento na exportação de madeira sólida no último bimestre (março-abril/2018). O atual favorecimento do setor de construção civil, reflete no setor florestal com o aumento da demanda por produtos de madeira sólida, o que está impactando no preço das toras grossas de *Pinus* (STCP, 2018). De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2017) o consumo de pinus para fins industriais em 2016 foi de 47,19 milhões de metros cúbicos, o que representa cerca de 23% do total produzido, liderando o uso nos segmentos de madeira serrada e painéis.

Uma das características desejadas nas toras para madeira serrada é a ausência de nós, uma vez que esta característica facilita no desdobro das toras e gera menores perdas, reduzindo então os custos de transformação da matéria-prima. Esta propriedade pode ser induzida por meio de tratamentos silviculturais tais como podas e desbastes (COELHO, 2010).

O regime de manejo adequado para cada finalidade está relacionado com a produção. De acordo com Scolforo & Maestri (1998), a produção florestal depende de diversos fatores, dentre eles a escolha da espécie e procedência, espaçamento inicial, índice de sítio, tratamentos silviculturais, entre outros. As combinações das variáveis tendem a milhares de possibilidades de regimes de manejo, tornando o planejamento complicado, ainda mais quando são incluídas

variáveis econômicas como taxa de atratividade mínima, custo de produção e preço da madeira (DAVID et al., 2017).

A busca pelo planejamento estratégico de excelência implica no desafio da otimização da produtividade sem elevar os custos na cadeia de produção. Deste modo, o manejo florestal exerce forte influência nessa tomada de decisão (DAVID et al., 2017).

Para a escolha adequada de regimes de manejo, a pesquisa operacional, por meio de técnicas e modelos matemáticos subsidiam a otimização dos processos, melhorando o nível de serviço e desempenho do planejamento estratégico, tornando-o mais competitivo (Rodrigues et. al., 2016). Com o avanço das tecnologias surgiram softwares de apoio (Optimber, SisPinus, Solver, IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, Gurobi, entre outros), os quais facilitam ainda mais na resolução do planejamento. Uma das técnicas base empregada é a programação linear, a qual indica uma determinada quantidade a ser produzida, por meio de modelos matemáticos, de forma a maximizar ou minimizar a função objetivo (exemplo: minimizar custos), com base na distribuição mais eficiente dos recursos limitados (RUBERTO et al., 2012).

Uma ferramenta que tem sido muito utilizada no desenvolvimento de pesquisas de otimização é a análise de sensibilidade. A mesma é utilizada para observar de que forma as variações em uma variável do modelo influenciam o valor econômico, desta maneira é possível avaliar o resultado do planejamento se houver variações no mercado, quanto a preços e taxas por exemplo (BUARQUE, 1991).

As operações florestais possuem elevados custos devido a logística, independente da fase de produção, normalmente os talhões estão dispostos em mosaicos, o que prejudica a operacionalidade e acresce nos custos. Deste modo, a solução para reduzir os custos de operação está na otimização da alocação dos talhões e o regime de manejo empregado em cada um deles. A tendência de conduzir florestas para usos múltiplos requer também atenção especial na forma de manejo das mesmas, denotando a importância da otimização. Portanto, objetivou-se determinar as melhores opções de regimes de manejo para o estudo de caso.

2. OBJETIVOS

- Objetivo geral:

O objetivo do trabalho foi realizar a seleção otimizada de regimes de manejo em plantios de *Pinus taeda*, por meio da Programação linear (PL), a fim de maximizar o lucro da empresa objeto de estudo (Remasa) atendendo a diferentes mercados a serem adotados pela empresa nos próximos 30 anos.

- Objetivos específicos:

- Definir o preço ideal da madeira para que o regime de poda tenha rentabilidade igual ao regime sem poda;
- Analisar os fatores de maior sensibilidade que influenciam o Valor Presente Líquido (VPL).

3. JUSTIFICATIVA

O planejamento é essencial em qualquer área de atuação e, quando se fala de planejamento florestal, deve-se ser ainda mais cuidadoso, pois envolve a tomada de decisão para investimentos que darão retorno somente à longo prazo. A principal dúvida da empresa no momento está relacionada a poda e quando ela se torna viável. Portanto, este trabalho tem o propósito de fornecer informações para subsidiar a definição dos regimes de manejo a serem adotados pela empresa nos próximos 30 anos.

4.2. DETERMINAÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO

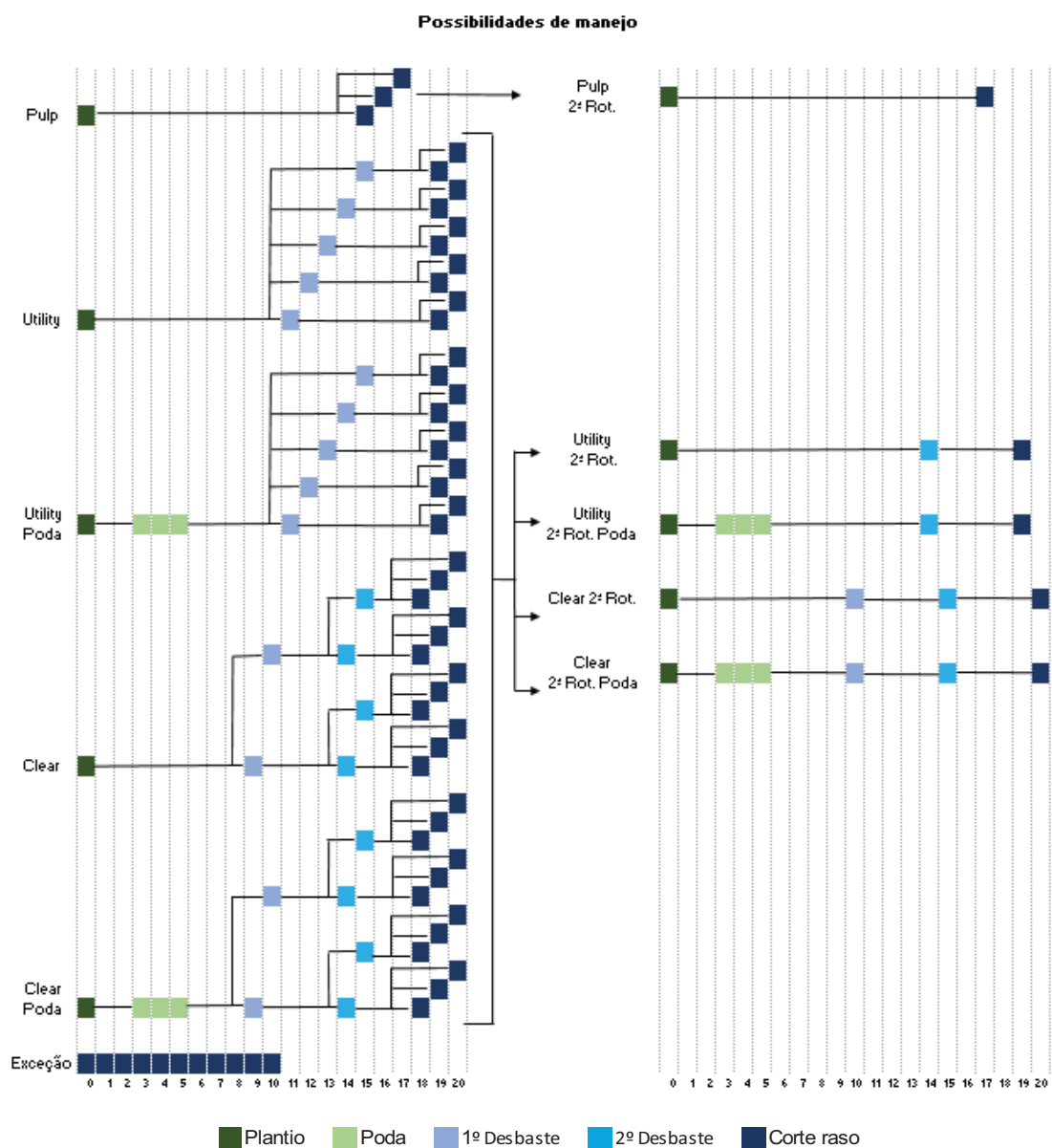
Atualmente a empresa trabalha com 4 categorias de regime de manejo:

- *Pulpwood*: madeira destinada à celulose, não é realizado podas, nem desbastes. Corte raso aos 15, 16 ou 17 anos;
- *Utilitywood*: madeira de diâmetros médios, destinada à serraria e laminação, pode ser realizado poda ou não, com 1 desbaste do tipo misto, retirando a quinta linha de forma sistemática, e seletivo até atingir 50% do número de árvores inicial (variando dos 11 aos 15 anos). Corte raso aos 19 ou 20 anos;
- *Clearwood*: madeira destinada para fins nobres, serraria e laminação, pode ser realizado poda ou não, com 2 desbastes. O primeiro desbaste é do tipo misto igual mencionado no regime anterior, o mesmo ocorre aos 9 ou 10 anos. O segundo desbaste é do tipo seletivo, retirando-se 50% do número de árvores, a atividade ocorre aos 14 ou 15 anos. Já o corte raso, ocorre aos 18, 19 ou 20 anos.
- Exceção: engloba todos os regimes que não se enquadram nos outros regimes usuais, e que serão colhidos nos próximos anos, contribuindo com a receita da empresa.

Neste trabalho foram contemplados para as simulações, os 4 regimes citados acima, variando a possibilidade de haver ou não poda nos regimes *utility* e *clear*, em um horizonte de planejamento de 30 anos, com taxa de desconto da floresta de 8,5%, considerada a taxa média de mercado para a área florestal.

A árvore de decisão para a escolha do regime de manejo implica em diversas opções, onde variáveis como a idade de realização dos desbastes e de corte raso, são avaliadas em diferentes combinações. Afim de reduzir o número de opções e facilitar o planejamento, a partir da segunda rotação, as escolhas são pré-definidas com base nas opções mais frequentes da primeira rotação. A Figura 2 apresenta um exemplo da árvore de decisão com as possibilidades de manejo variando a possibilidade de haver poda ou não, bem como a variação das idades nos desbastes e no corte raso.

FIGURA 2 – FLUXOGRAMA COM AS POSSIBILIDADES DE REGIME DE MANEJO



FONTE: O AUTOR (2018)

4.3. CUSTOS DE PRODUÇÃO

Todos os custos utilizados nas simulações foram fornecidos pela empresa e representam os cenários praticados na região, em janeiro de 2018. Para a determinação dos regimes de manejo foram considerados os custos de silvicultura, colheita e despesas operacionais (*overhead*). Para a silvicultura os custos foram agrupados em: (I) preparo da área, plantio e replantio; (II) manutenção; e (III) tratos

silviculturais (poda). Os custos silviculturais por hectare podem ser verificados na Tabela 1, e o custo detalhado das podas na Tabela 2. A atividade de poda é realizada aos 3, 4 e 5 anos, a uma altura de 1,50 m; 2,50 m; e 3,50 m, respectivamente, apenas da primeira tora. Os custos de colheita podem ser visualizados na Tabela 3, e os custos *Overhead* na Tabela 4.

TABELA 1 – CUSTOS SILVICULTURAIS

Atividade	Custo/ha/ano
I	R\$ 2.297,24
II	R\$ 2.081,40
III	R\$ 1.309,05

FONTE: Adaptada de Remasa (2018)

TABELA 2 – CUSTOS DE REALIZAÇÃO DAS PODAS.

Atividade	Ano	% de árvores	Custo unitário
Primeira poda	3	100	R\$ 0,37
Segunda poda	4	50	R\$ 0,67
Terceira poda	5	50	R\$ 1,11

FONTE: Adaptada de Remasa (2018)

TABELA 3 – CUSTOS DE COLHEITA

Atividade	Custo R\$/m ³
Primeiro desbaste	R\$ 42,00
Segundo desbaste	R\$ 37,00
Corte raso	R\$ 32,00

FONTE: Adaptada de Remasa (2018)

Os custos *Overhead* compreendem todas as despesas consideradas operacionais, tais como: custos administrativos, contábeis e legais, depreciação, seguro, taxas governamentais, impostos, entre outras necessárias para a realização da atividade.

TABELA 4 – CUSTOS OVERHEAD

Atividade	Custo R\$/ha/ano
<i>Overhead</i>	R\$ 295,42

FONTE: Adaptada de Remasa (2018)

4.4. PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DA MADEIRA

Os valores variam de acordo com a região de produção e o sortimento. No entanto, na região não há agregação de valor para as toras podadas, portanto, as mesmas são vendidas pelo mesmo preço de toras não podadas. Afim de preservar as informações mercadológicas, denominou-se as regiões de comercialização de madeira como: Região 1; Região 2; e Região 3; os valores praticados encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5 – PREÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DA MADEIRA

Região	Sortimento (cm)				
	08 a 13	13 a 18	18 a 23	23 a 33	>33
1	R\$ 40,00	R\$ 60,00	R\$ 100,00	R\$ 135,00	R\$ 170,00
2	R\$ 35,00	R\$ 50,00	R\$ 105,00	R\$ 147,00	R\$ 170,00
3	R\$ 40,00	R\$ 60,00	R\$ 100,00	R\$ 145,00	R\$ 170,00

FONTE: Adaptada de Remasa (2018)

4.5. ANÁLISE ECONÔMICA

Nesse estudo, a análise econômica foi realizada a partir do Valor Presente Líquido (VPL), o qual representa o lucro do projeto, pois é determinado pela diferença entre as receitas e os custos, aplicando-se uma taxa de desconto, denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Ou seja, quando o VPL é maior que zero significa que o investimento foi recuperado e além disso remunerou-se o que teria sido ganho, caso se aplicasse a TMA. (SOUZA & CLEMENTE, 2004).

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

Em que:

- VPL = Valor Presente Líquido; i = taxa de desconto;
 C_j = custo no final do ano j ; j = período em que as receitas ou custos ocorrem;
 R_j = receita no final do ano j ; n = duração do projeto, em anos (período de planejamento).

4.6. OTIMIZAÇÃO

Para a escolha do regime de manejo otimizado foi utilizado o software OpTimber-LP[®] da empresa OpTimber Otimização e Informática Ltda. O software é vinculado a outros dois softwares SisPinus[®] e LINGO[®], desenvolvidos pela Embrapa Florestas e pela LINDO Systems INC, respectivamente.

O software opera com a inserção do cadastro de informações diversas tais como: localização de cada área (talhão), índice de sítio, espécie, densidade, ano de plantio, número de desbastes, altura de poda, bem como informações provenientes do inventário florestal, entre outras, todas essas variáveis foram utilizadas para gerar os cenários de análise. Não é obrigatório o preenchimento de todos os campos, entretanto quanto maior o número de informações inseridas, melhor a qualidade do planejamento.

A otimização se dá por meio da programação linear, onde com todas as informações necessárias devidamente definidas e restrições aplicadas o software retorna o valor da função objetivo de forma rápida. Neste trabalho objetivou-se a maximização do Valor Presente Líquido (VPL), sem restrições de demanda mínima, para os cenários: (I) sem regimes de poda; (II) somente com regimes de poda; e (III) regimes com e sem poda.

4.7. DEFINIÇÃO DO PREÇO MÍNIMO PARA TORA PODADA

Foi estimado por meio da metodologia de tentativa e erro, qual seria o percentual de aumento no preço das toras, a fim de se igualar o VPL entre os cenários sem poda e somente com poda.

4.8. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade foi realizada por meio do Diagrama de Tornado, o qual permite realizar a análise de cada variável, comparando as mesmas, em um gráfico de barras. Quanto mais longa a barra, maior a sensibilidade da variável, em suas extremidades são indicados os valores mínimos e máximos do fator. Desta forma foi possível ordenar de maneira crescente as variáveis de maior impacto (SILVA & BELDERRAIN, 2004).

As variáveis analisadas neste trabalho seguiram as premissas propostas por Stall (2012), onde foi avaliado:

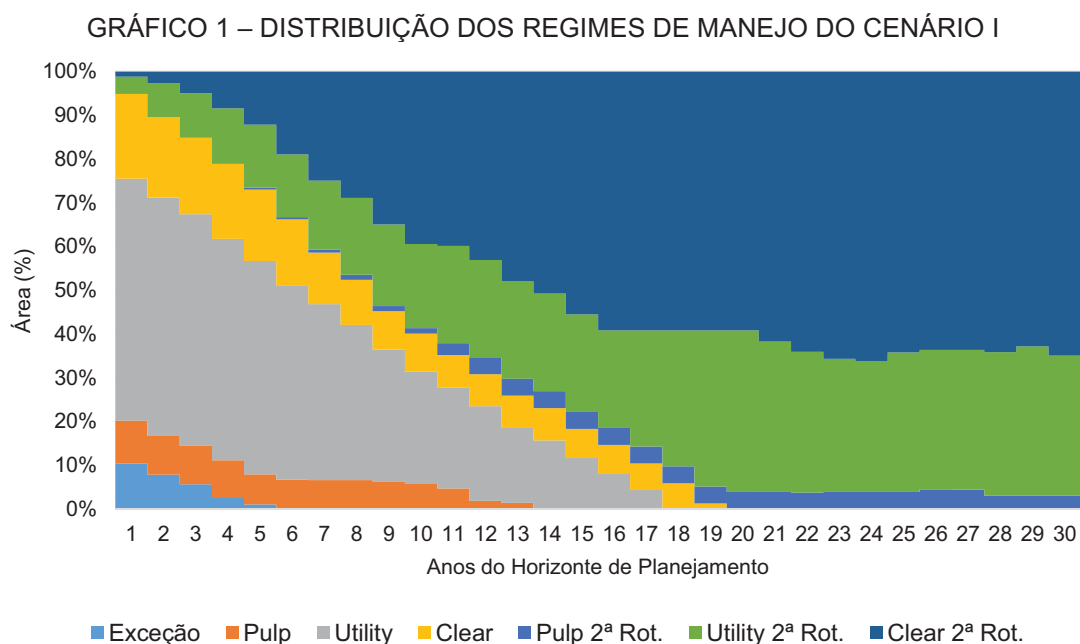
- Taxa de desconto da floresta: o cenário base foi realizado com taxa de 8,5% a qual é considerada uma taxa média de mercado para área florestal, e para a simulação houve variação de $\pm 1\%$;
- Preço da madeira: com relação ao preço praticado foi testado duas variações de preço, com variação de $\pm 10\%$ e $\pm 20\%$;
- Custos silviculturais: variando $\pm 20\%$ do custo atual; e
- Custos operacionais (overhead): com variação de $\pm 20\%$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE ECONÔMICA DOS CENÁRIOS

A otimização do cenário I sem poda apresentou VPL de R\$ 25.157 ha⁻¹. Já no cenário II somente com poda o VPL foi de R\$ 24.309 ha⁻¹, ou seja, redução de 3,37% da rentabilidade por hectare, reflexo do aumento de 30% nos custos silviculturais, decorrente das podas. O cenário III, que contemplou regimes com e sem poda, resultou em VPL de R\$ 25.157 ha⁻¹, o qual, em termos de rentabilidade, se igualou ao cenário I.

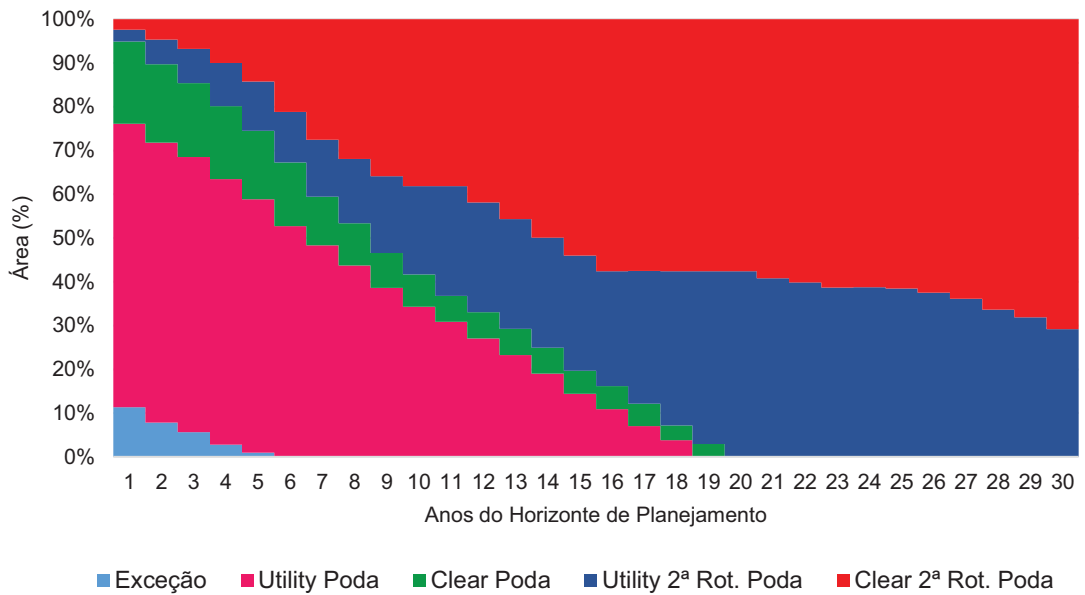
O Gráfico 1 apresenta a escolha otimizada dos regimes de manejo no cenário I (sem poda), percebe-se que na primeira rotação a maior parte das áreas são destinadas ao regime *utility*, já na segunda rotação a preferência é pelo regime *clear*.



FONTE: O AUTOR (2018).

Os regimes de manejo otimizados no cenário II (com poda) podem ser observados no Gráfico 2. Para a primeira rotação nota-se a predominância do regime *utility*, e na segunda rotação para o regime *clear*, seguindo a mesma tendência do cenário I.

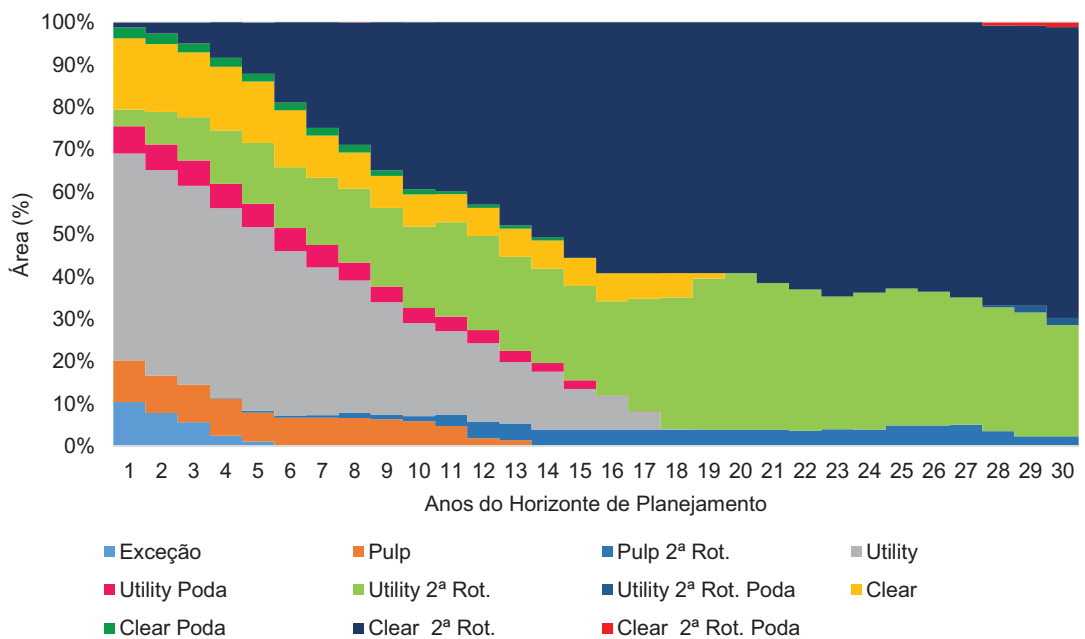
GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO DO CENÁRIO II



FONTE: O AUTOR (2018).

Quanto à distribuição dos regimes no cenário III (regimes com e sem poda), conforme observa-se no Gráfico 3, os regimes de poda restringem-se em pequena proporção na primeira rotação, e ainda com menor expressividade na segunda rotação, como não há diferenciação no preço de comercialização e o custo de produção é mais alto, esta condição não se torna atrativa.

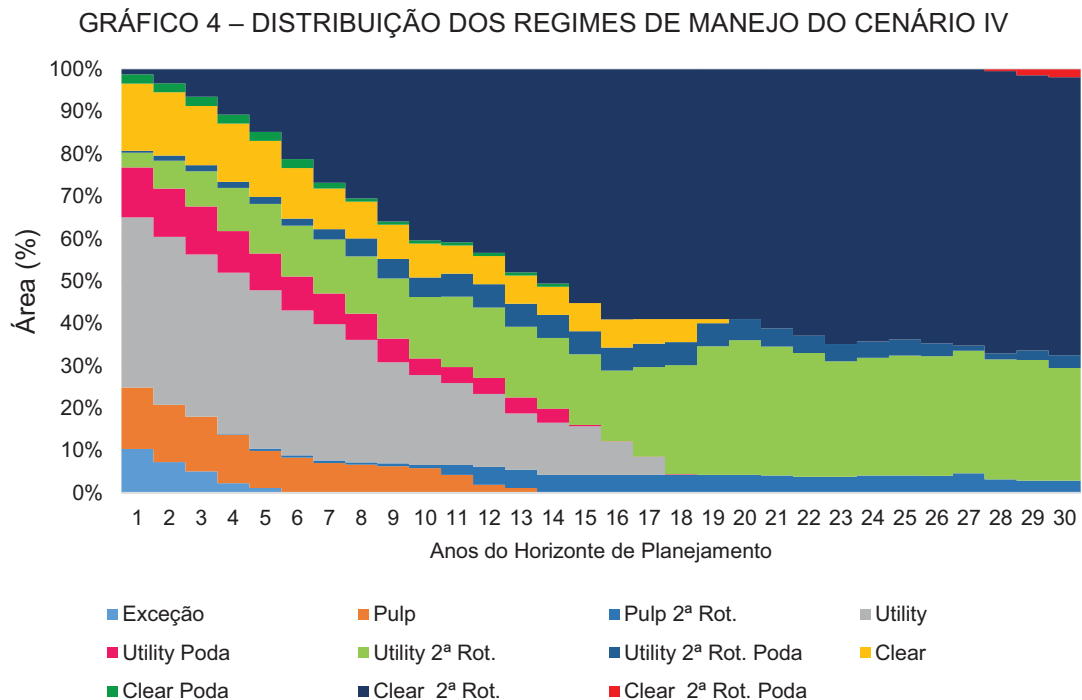
GRÁFICO 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS REGIMES DE MANEJO DO CENÁRIO III



FONTE: O AUTOR (2018).

5.2. PREÇO MÍNIMO DA TORA PODADA

Para que os cenários I e II avaliados obtivessem o mesmo valor de VPL (R\$/ha), seria necessário um aumento de 17% no preço de comercialização das toras nos sortimentos acima de 18 cm. Esta suposição foi testada no cenário IV, conforme pode ser observado no Gráfico 4 a preferência continua sendo por manejos sem poda, apenas com preços acima de 17% é que o investimento em podas torna-se interessante economicamente.



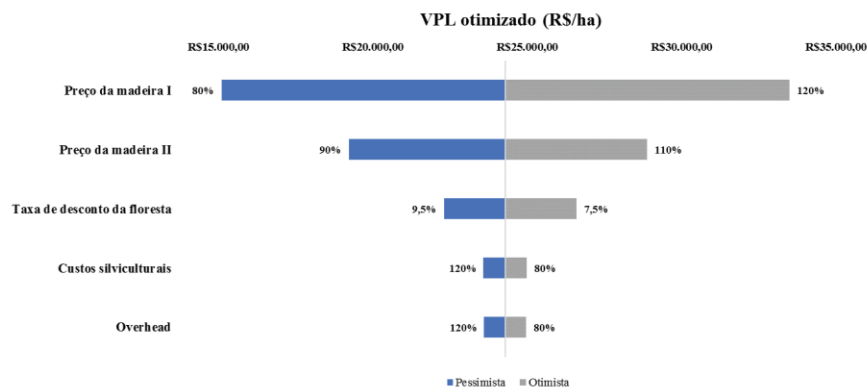
FONTE: O AUTOR (2018).

Nos últimos anos a atividade de poda tem se tornado um paradigma muito grande para as empresas, embora com ela seja possível reduzir a ocorrência de incêndios, ter maior facilidade de acesso aos talhões e obter madeira com maior qualidade tecnológica, muitas empresas tem abolido esta prática, devido ao fato de não obter retorno no investimento realizado (BFOREST, 2016). O mercado brasileiro na maioria das vezes não proporciona diferenciação no preço entre toras podadas e não podadas. É o que ocorre na região de atuação da Remasa. Portanto, para empresas que são fornecedoras de tora para a indústria é muito difícil conseguir agregar valor no produto que recebeu a intervenção do tipo poda.

5.3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade foi realizada com base no VPL otimizado (R\$/ha). Por meio do Diagrama de Tornado foi possível ordenar as variáveis independentes conforme sua sensibilidade e impacto na variável dependente, o VPL, conforme Gráfico 5.

GRÁFICO 5 – INFLUÊNCIA DE ALGUMAS VARIÁVEIS NO RESULTADO FINANCEIRO



FONTE: O autor (2018).

Nota-se que o fator de maior influência é o preço da madeira. No cenário de Preço da madeira I, a variação de $\pm 20\%$, correspondeu à queda de 38% no caso do cenário pessimista, e no otimista aumento de 38% no VPL (R\$/ha). Já no caso do Preço da madeira II, onde houve variação de $\pm 10\%$ no preço, o mesmo proporcionou queda no VPL (R\$/ha) de 21% no cenário pessimista, e acréscimo de 19% no otimista. A taxa de desconto da floresta também se apresentou sensível às mudanças, porém com menor intensidade, incorrendo em queda de 8% no VPL (R\$/ha), no caso pessimista, e aumento de 10% no caso otimista, resultado da variação de $\pm 1\%$ na taxa. Stall (2012), constatou uma situação inversa na análise de sensibilidade, onde a taxa de desconto teve maior influência no VPL (R\$/ha) do que o preço da madeira, sob os mesmos parâmetros de variação percentual e espécie, entretanto os custos nominais e taxa possuíam valores diferentes, fator esse que pode ter ocasionado na diferenciação da sensibilidade.

6. CONCLUSÃO

Os regimes de manejo que maximizam o VPL são os regimes sem poda. Entretanto, como a redução do lucro esperado, nos regimes com poda, é baixa, cabe à empresa decidir se ela está disposta a deixar de ganhar este valor, em troca dos benefícios proporcionados pelas podas, apostando ao fato de poder ganhar mais no futuro caso a madeira podada venha a ter preço diferenciado.

Levando-se em consideração apenas o benefício da redução de riscos de incêndio, em áreas de floresta podada, recomenda-se a intervenção. Com a constante desistência das empresas em realizar as podas, o volume de toras do tipo *clear* (sem nós), estará em escassez no mercado nos próximos anos. Com esse cenário, caso a demanda por produtos desta qualidade aumentar, existe a probabilidade de ocorrer aumento do preço da madeira livre de nós, tornando o investimento ainda mais rentável.

REFERÊNCIAS

BFOREST. Poda – uma atividade viável? **B.Forest – A Revista Eletrônica do Setor Florestal**, ed. 20, ano 03, p.38-46, 2016.

BUARQUE, C. **A incerteza para seleção de projetos**. In: BUARQUE, C. (Ed.) Avaliação econômica de projetos. 8.ed. Rio de Janeiro: Campus, p.179-196, 1991.

COELHO, V.C.M. **Avaliação do manejo da produção econômica de madeira de *Pinus taeda* L. com características qualitativas superiores**. 2010. 131 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

DAVID, H.C.; ARCE, J.E.; OLIVEIRA, E.B.; PÉLLICO NETTO, S.; MIRANDA, R.O.V.; EBLING, A.A. Economic analysis and revenue optimization in management regimes of *Pinus taeda*. **Ceres**, v. 64, n.3, p. 222-231, 2017.

EMBRAPA FLORESTAS. **Mapa simplificado de solos do Estado do Paraná**. Mapa elaborado para apoio ao projeto de extensão universitária solo na escola, 2012. Escala: 1:1.200.000.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2017**. São Paulo. 2017.

ITCG – INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Declividade - Estado do Paraná**. 2008. Escala 1:2.000.000.

REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001.

RODRIGUES, L.L.F.; OLIVEIRA, I.H.I.; CASTORANI, R.R.; ALEXANDRE, M.F. A viabilidade de aplicação da pesquisa operacional para a solução de problemas complexos de transporte. **INOVAE** - ISSN: 2357-7797, São Paulo, Vol.4, n. 2, JUL-DEZ, 2016 - pág. 54-68.

RUBERTO, I.V.G.; MARETH, T.; PAIM, E.S.E.; PIENIZ, L.P. Contribuição da programação linear na gestão de custos e na produtividade em uma propriedade rural. **XIX Congresso Brasileiro de Custos** – Bento Gonçalves, RS, Brasil, 12 a 14 de novembro de 2012.

SCOLFORO, J.R. & MAESTRI, R. **O manejo de florestas plantadas**. In: SCOLFORO, J. R. S. Manejo Florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 438 p.

SILVA, R.M. & BELDERRAIN, M.C.N. **Considerações sobre diagrama tornado em análise de sensibilidade**. In: VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

STALL, D. **Avaliação econômica e análise de sensibilidade de regimes de manejo em florestas de *Pinus taeda* L. no planalto serrano de Santa Catarina**. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

STCP – STCP Engenharia de Projetos Ltda. Análise mercadológica. **B.Forest – A Revista Eletrônica do Setor Florestal**, ed. 44, ano 04, p.47-55, 2018.