
**DIEGO ARMANDO SILVA DA SILVA
GILSON FERNANDES DA SILVA
JOSÉ FRANKLIN CHICHORRO**

**REGULAÇÃO DE FLORESTAS INEQUIÂNEAS SOB MANEJO
FLORESTAL COMUNITÁRIO NA AMAZÔNIA**

Produção madeireira sustentável e impactos na economia nacional

**2º Lugar
Categoria Profissional**



RESUMO

O planejamento de exploração madeireira em florestas inequidêneas é determinado de tal forma que parte da floresta é dividida em uma unidade de produção anual (UPA), e esta, por sua vez, em unidades de trabalho (UTs). Entretanto, em algumas áreas de manejo florestal comunitário na Amazônia, é estabelecida uma única unidade de produção e as outras unidades acabam sendo estabelecidas em áreas próximas não pertencente à comunidade, o que dificulta o seu manejo. Dessa forma, as unidades de produção são colhidas em um só ano, proporcionando a renda madeireira apenas nesse período. A renda madeireira de uma só vez, ou seja, não atende ao princípio de estabilidade da renda. Isto se torna um problema para o produtor, pois muitos deles enfrentam dificuldades de gestão dos recursos econômicos oriundos do plano de manejo comunitário, muitas vezes gastando ou investindo em recursos que não permitem seu crescimento socioeconômico. Nesse sentido, esta dissertação foi desenvolvida com objetivo de mostrar alternativas de regulação florestal em uma área sob regime de manejo comunitário na Amazônia, sendo esta pesquisa estruturada em dois capítulos. O primeiro capítulo visa propor uma metodologia de estratificação por produção e renda em uma área sob manejo florestal comunitário. A estratificação volumétrica proporcionou identificar áreas de maior ou menor produção, dessa forma o manejador poderá realizar um planejamento tático melhor, como, por exemplo, a determinação de números de trabalhadores, número de equipes, maquinário, entre outras variáveis. Já a estratificação por renda será útil no planejamento estratégico, em que o manejador florestal poderá tomar a decisão de explorar as unidades de produção ao longo do horizonte de planejamento e, conseqüentemente, permitir a estabilidade de renda anual. Além disso, essa estratificação foi utilizada no modelo de otimização proposto no capítulo 2, exercendo forte influência nesse modelo, pois foi possível identificar porque certa unidade foi alocada em determinado ano do horizonte de planejamento. Assim, a estratificação por volume e renda são úteis no capítulo 2, cujo objetivo foi simular nova dinâmica de colheita na área de manejo, propondo novo compartimento da unidade de manejo a partir de um modelo de programação inteira. Nesse sentido, aliar o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, proporcionado pelo manejo florestal, com técnicas de gerenciamento, é excelente alternativa para o planejamento florestal nas áreas de manejo comunitário na Amazônia.

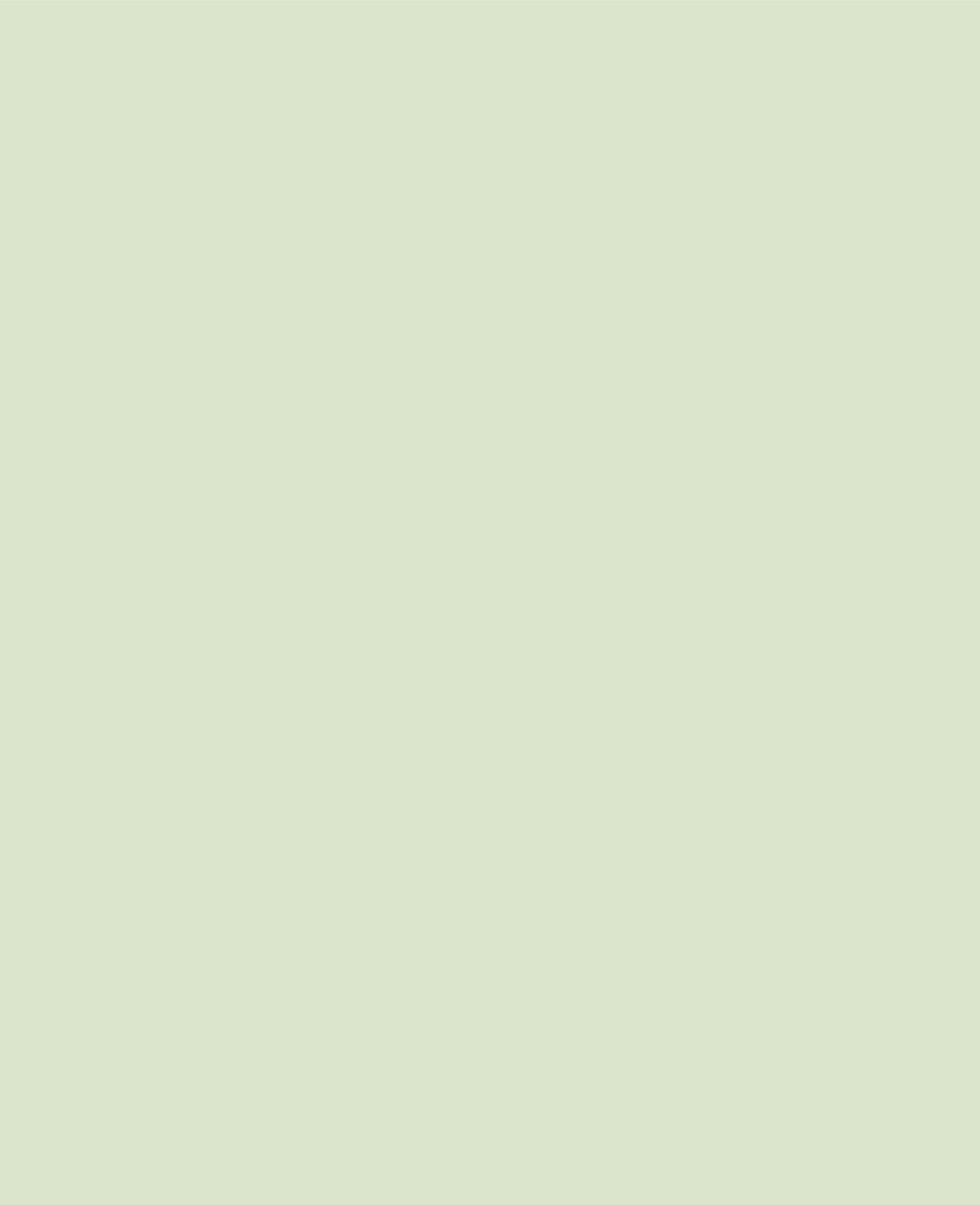
Palavras-chave: Aspectos socioeconômico. Gestão sustentável. Planejamento florestal.



ABSTRACT

The logging planning in uneven-aged stands forests is determined in such a way that part of the forest is divided into an Annual Production Unit (UPA), and this, in turn, in Work Units (TUs). However, in some areas of community forest management in the Amazon, is established a single production unit and other units end up being established in nearby areas not belonging to community, which complicates their management. Thus, the production units are harvested in one year, providing the timber only income in that period. The timber income at once, or does not meet the principle of income stability. This becomes a problem for producers, many of whom face difficulties managing the financial resources from the community management plan, often spending or investing resources that does not allow its socioeconomic growth. In this sense, this work was developed in order to show alternative forest regulation in an area under community management regime in the Amazon, which is research structured in two chapters. The first chapter is to propose a stratification by production and income in an area under community forest management. As the stratification provided identify areas of higher or lower output, so the handler may perform better tactical planning, such as determining the number of employees, number of teams, machinery and other variables. Have stratification by income will be useful in strategic planning, in which the forest manager may decide to explore the production units throughout the planning horizon and therefore allow annual income stability. In addition, this stratification was used in the optimization model proposed in Chapter 2, exerting a strong influence in this model, it was possible to identify why certain unity was allocated in a given year of the planning horizon. Thus, the volume stratification and income are useful in Chapter 2, whose goal was to simulate dynamic new harvest in the management area, proposing a new management unit compartment from an integer programming model. In this sense, combine socioeconomic and environmental development, provided by forest management, with management techniques, is an excellent alternative for forest planning in the areas of community management in the Amazon.

Keywords: Socio-economic aspects. Sustainable management. Planning forest.



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	141
Objetivo geral.....	142
Objetivos específicos.....	142
1 REVISÃO DE LITERATURA.....	143
1.1 Manejo florestal comunitário no Pará.....	143
1.2 Legislação do manejo florestal comunitário.....	144
1.3 Pesquisa operacional para o planejamento florestal.....	145
1.4 Regulação da produção florestal.....	147
2 ESTRATIFICAÇÃO DE ÁREAS PRODUTIVAS SOB MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO NA AMAZÔNIA.....	149
2.1 Introdução.....	149
2.2 Material e métodos.....	151
2.2.1 Caracterização da área de estudo.....	151
2.2.2 Projeto de Desenvolvimento Sustentável Igarapé do Anta (PDS).....	152
2.2.3 Coleta de dados.....	154
2.2.4 Análises dos dados.....	157
2.3 Resultados e discussão.....	157
2.3.1 Análise de agrupamento.....	158
2.3.1.1 Estratificação por volume.....	158
2.3.1.2 Estratificação por renda.....	160
2.3.1.3 Conclusão.....	162
3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA REGULAÇÃO DA RENDA EM UM PLANO DE MANEJO COMUNITÁRIO NA REGIÃO AMAZÔNICA.....	163
3.1 Introdução.....	163
3.2 Material e métodos.....	165
3.2.1 Descrição do problema.....	165
3.2.2 Formulação do problema de otimização.....	167
3.2.2.1 Função objetivo.....	168
3.2.2.2 Restrição de área.....	168
3.2.2.3 Restrição de regulação por renda.....	169
3.2.3 Cenários.....	169
3.2.4 Métodos de solução.....	170
3.2.5 Estimativa de custo da relação empresa/comunidade.....	171

3.3 Resultados e discussão.....	175
3.3.1 Regulação da renda florestal.....	175
3.3.2 Viabilidade econômica do modelo de otimização.....	182
3.3.3 Conclusão	185
CONCLUSÕES GERAIS.....	186
REFERÊNCIAS.....	187
ANEXOS	192



INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento do manejo florestal comunitário (MFC) vem se revelando promissora alternativa de renda para as comunidades rurais, propiciando o desenvolvimento local e regional. No entanto o MFC ainda enfrenta diversos entraves, tais como: ausência de regularização fundiária, dificuldade de acesso a linhas específicas de crédito, lentidão na aprovação de planos de manejo e inadequação das exigências para aprovação da realidade dos comunitários (SFB, 2013).

Nesse sentido, de acordo com Braz (2010), a situação atual do MFC requer uma investigação em pesquisas, relacionadas à implementação de um sistema de manejo florestal, que seja adaptada à realidade de pequenas propriedades rurais, pois não são oferecidas ferramentas de gestão adequadas.

Segundo Souza e Soares (2013), para fornecer produção anual de produtos florestais madeireiros em florestas inequiâneas, satisfazer demanda anual de determinada indústria, manter emprego contínuo e estar legalmente inclusa, a unidade de manejo florestal tem de ser adequadamente planejada e gerenciada.

Ainda segundo esses autores, para o adequado planejamento e gerenciamento da produção dessa floresta, é necessário o zoneamento da área da unidade de manejo florestal, discriminando as zonas em floresta de produção e as áreas de preservação, sendo que essas zonas de produção são estruturadas em unidades de produção anual (UPAs), e essas, por sua vez, em unidades de trabalho (UTs).

Devido à heterogeneidade das florestas inequiâneas, onde as espécies de interesse estão distribuídas de forma irregular na área a ser manejada, promover a regulação da produção, de forma a aliar os fatores econômicos, ambientais e sociais, é um desafio para a pesquisa científica, sendo esse um tema de grande importância.

Nesse sentido, a regulação de florestas inequiâneas é retratada por um conjunto de zonas da floresta de produção que são estruturadas em uma série de UPAs, sendo que o ordenamento espacial das UPAs é problema que exige solução otimizada. Assim, uma solução prática, operacional e economicamente viável é empregar técnicas de análise multivariada para obter grupos de UTs homogêneas em termos de características de interesse. Além disso, pode-se adotar critérios de seleção para as UPAs que combinam restrições de ordem técnica, ambiental, econômica e social, utilizando para tanto, a programação matemática (SOUZA; SOARES, 2013).



OBJETIVO GERAL

Avaliar alternativas de manejo florestal em uma área do Projeto de Assentamento de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Igarapé do Anta, sob manejo florestal comunitário em Santarém, Pará.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Propor uma metodologia de estratificação por produção e renda em uma área sob regime de manejo florestal comunitário.

Simular uma nova dinâmica de colheita em uma área de manejo florestal, por meio do agrupamento das unidades de trabalho, promovendo a regulação por renda.



1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO NO PARÁ

O Brasil é o segundo maior produtor de madeira tropical na forma de toras e, além disso, o principal produtor de madeira tropical serrada, cujo maior consumo é interno (IMAZON, 2010).

Em 2005, o Pará foi o terceiro no *ranking* das exportações, concentrando 75% da madeira extraída de floresta nativa do país. Já, em 2009, a receita bruta estimada da indústria madeireira foi de aproximadamente R\$ 4,94 bilhões (SANTOS; SANTANA, 2009).

Neste mesmo ano, foram identificadas 2.226 empresas madeireiras em funcionamento na Amazônia Legal, sendo que essas madeireiras extraíram em torno de 14,2 milhões de metros cúbicos de madeira em tora de espécies nativas, equivalente a 3,5 milhões de árvores, sendo assim, aproximadamente, 47% dessa matéria-prima foi extraída no estado do Pará (NETO et al., 2011).

Nesse sentido, a adoção dos planos de manejo florestal madeireiro é de grande importância para promover a economia e a sustentabilidade da floresta, pois permite a continuidade da produção, garantindo a produção de madeira de forma contínua e proporcionando maior rentabilidade (JUVENAL; MATTOS, 2002).

Segundo Santos e Santana (2009), as empresas que tomaram a iniciativa de trabalhar com o manejo, seja comunitário ou empresarial, deram um passo significativo para a melhoria do setor florestal no estado, principalmente se a análise evoluir para a constituição de um arranjo produtivo local.

Em virtude da diversidade de contextos, atores, objetivos e tipos de estratégias envolvidos no manejo florestal comunitário, tem sido tarefa difícil encontrar uma definição que possa englobar a diversidade de experiências e casos de manejo florestal comunitário na Amazônia (AMARAL; AMARAL NETO, 2005).

De modo geral, o manejo florestal comunitário pode ser definido como aquele que tenha como detentor uma associação ou representação comunitária (associação de produtores, cooperativas ou sindicato de trabalhadores rurais).

Em um estudo realizado no biênio 2009-2010 sobre levantamento das iniciativas de manejo florestal comunitário e familiar (MFCF) situadas em seis estados da Amazônia Legal, foram identificadas 1.213 iniciativas de MFCF das quais 902 iniciativas lidam



com manejo florestal madeireiro e, pelo menos, 311 lidam com produtos florestais não madeireiros, sendo que o Amazonas foi o estado com maior número de iniciativas de MFCF madeireiro identificadas, seguido por Pará, Acre, Rondônia e Amapá (PINTO et al., 2011).

1.2 LEGISLAÇÃO DO MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO

O manejo florestal madeireiro é regulamentado pela Norma de Execução nº 01, de 24 abril de 2007, que institui as diretrizes técnicas para elaboração dos planos de manejo florestal sustentável (BRASIL, 2007). Conforme trata o artigo 20 da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que institui o novo Código Florestal (BRASIL, 2012).

A modalidade de manejo florestal comunitário é regulamentada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), por meio das Instruções Normativas (INs) nº 4 e 5 e da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 406/2009, que estabeleceram regras específicas para os Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) na Amazônia.

A IN nº 04, de 11 de dezembro de 2006, dispõe sobre a Autorização Prévia à Análise Técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável (Apat). Já a IN nº 5, de 11 de dezembro de 2006, dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica do PMFS nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal (BRASIL, 2006).

A IN nº 5, de 11 de dezembro de 2006, por exemplo, menciona, no seu art. 8º, sobre a manutenção de pelo menos 10% do número de árvores por espécie na área efetiva de manejo (porta-sementes), respeitando o critério de raridade, ou seja, o limite mínimo de manutenção de três árvores por espécie por 100ha (BRASIL, 2006)

Já a Resolução nº 406/2009 do Conama estabelece parâmetros técnicos a serem adotados em todas as etapas do PMFS, da elaboração à execução, como, por exemplo, no artigo 4º, inciso I, que estabelece a estimativa de produtividade anual máxima da floresta manejada, quando não houver estudos para a área, que será de 0,86 m³/ha/ano (BRASIL, 2009a).

Estabelece, ainda, no artigo 4º, inciso IV, alínea a e b, que as seguintes intensidades máximas de corte a serem autorizadas pelo órgão ambiental competente são 30 m³/ha para PMFS, que prevê uso de máquinas para o arraste de toras e 10 m³/ha para PMFS que não prevê.

A participação das comunidades e das populações locais no manejo e na conservação da Amazônia tem ampliado seu espaço nos programas e nas políticas para o desenvolvimento



sustentável da região e merecem destaque na área das reformas institucionais do setor florestal ocorridas nos últimos quatro anos (SFB, 2013).

Um marco de grande importância para manejo comunitário é a Lei Federal 11.284 de Gestão de Florestas Públicas (LGFP), aprovada em 2006 (BRASIL, 2006). Essa lei define as condições de uso dos recursos florestais sob domínio público, nos quais estão inseridas as unidades de conservação de uso sustentável, assentamentos e outros. Em seus princípios básicos, a lei garante o respeito ao direito da população, em especial das comunidades locais, de acesso às florestas públicas e aos benefícios decorrentes de seu uso e conservação.

Outro importante marco do manejo comunitário foi o Programa de Manejo Florestal Comunitário e Familiar (PMFC), instituído no âmbito do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), regulamentado pelo Decreto nº 6.874, de 5 de junho de 2009, criado para coordenar as ações de gestão e fomento ao manejo florestal sustentável voltadas os povos, às comunidades tradicionais e aos agricultores familiares que tiram sua subsistência das florestas brasileiras (BRASIL, 2009b).

A política florestal avançou nos últimos anos e os instrumentos técnicos normativos de ordenamento do manejo florestal ganharam novas diretrizes, parâmetros e índices baseados em estudos técnico-científicos (CRUZ et al., 2011).

Nesse contexto, a pesquisa assume papel primordial para proteção florestal e melhoria de qualidade de vida de populações tradicionais, visto que, por meio de seus resultados científicos, será possível sugerir possíveis mudanças na legislação, bem como subsidiar políticas públicas que visem à proteção da floresta.

1.3 PESQUISA OPERACIONAL PARA O PLANEJAMENTO FLORESTAL

A pesquisa operacional (PO) engloba técnicas que visam encontrar a solução ótima de problemas, desde os mais simples aos mais complexos, com o objetivo de auxiliar o planejador na tomada de decisão. A aplicação dessas técnicas permite melhorar os processos de utilização de quaisquer recursos e otimizar sistemas em funcionamento nas empresas (HILLIER; LIEBERMAN, 2006 apud BINOTI, 2010).

Em decorrência da complexidade e quantidade de variáveis envolvidas nesses problemas, diversas ferramentas da PO foram introduzidas na área florestal, possibilitando a redução de riscos e incertezas na tomada de decisão (RODRIGUES, 2001). Entre as ferramentas com aplicação no manejo dos recursos florestais, estão: Programação Linear (PL), Programação Inteira (PI), Programação Não Linear (PNL), Programação de



Múltiplos Objetivos (PMO), Programação Dinâmica (PD), Heurística e Meta-heurística (BETTINGER et al., 2009).

Diversos estudos empregando diferentes técnicas de PO com enfoque para modelagem e resolução de problemas de regulação florestal já foram conduzidos em florestas plantadas, entre os quais se pode citar os estudos realizados por: Silva et al. (2003); Silva et al. (2006); Castro (2007); Binoti, (2010); Piassi, (2011), Monte, (2012) e Rode et al. (2014).

Silva et al. (2003), tendo como objetivo discutir alguns aspectos limitantes do uso de modelos de PL na regulação de florestas equiâneas, considerando-se a não integridade das respostas e as incertezas a respeito de variáveis econômicas e da produção, concluíram que: os modelos de PL, embora sejam de utilidade no planejamento florestal, devem ser empregados com senso crítico, pois eles podem fornecer uma resposta inviável do ponto de vista prático.

Silva et al. (2006) apresentaram uma metodologia para solução de problemas de planejamento florestal, considerando-se múltiplos objetivos e, com isso, concluíram que, além de ser mais flexíveis e apresentar uma gama maior de respostas, a tomada de decisão por meio de modelos multiobjetivos oferece um paradigma superior aos modelos tradicionais de PL para o problema de planejamento florestal apresentado.

Castro (2007), tendo como objetivo desenvolver e testar modelos de regulação da produção florestal, contemplando os aspectos físicos e ambientais da produção, assim como avaliar uma alternativa de regulação, conclui que a regulação altera, de forma significativa, o valor da função-objetivo e, ainda, a inclusão da restrição de adjacência resulta em diminuição do valor presente líquido total da floresta.

Binoti (2010), estudando alternativas de formulação de modelos de regulação em floresta equiânea, por meio de métodos de pesquisa operacional, com inclusão de características ambientais e sociais, visando ao manejo de paisagem, concluiu que a restrição de adjacência é viável para ser utilizada para o manejo de paisagem.

Piassi (2011), com objetivo de empregar o método de regulação da produção pelo controle por área com intuito de mensurar a capacidade de produção anual da floresta manejada e testar a influência de métodos de regulação florestal no planejamento da produção de madeira, concluiu que o modelo de programação linear apresentou maior retorno líquido do que o método de programação inteira, sendo que esse fato pode estar relacionado à restrição de regulação utilizada.

Monte (2012), avaliando a inclusão de critérios sociais na modelagem matemática do manejo florestal de eucalipto para produção de celulose, visando gerar renda para



comunidade e contribuir para o desenvolvimento regional, concluiu que a doação de madeira com diâmetro de 11 cm que tornaria inviável a colheita pela empresa promove receita significativa à comunidade e pode ser utilizada sem comprometer a receita líquida e a demanda volumétrica da empresa.

Rode et al. (2014), avaliando a viabilidade econômica de contratos de fomento para proprietário e empresa, o manejo adequado para as propriedades em estudo e uma regra de classificação para o regime de manejo de novos contratos, concluíram que: a viabilidade econômica dos projetos com fomento foi superior, além disso, foi possível criar uma regra de classificação para novos contratos, considerando 10 restrições de manejo selecionadas pela programação linear.

Em florestas nativas, as técnicas de PO ainda são poucas utilizadas no planejamento e na gestão da floresta de modo a subsidiar a tomada de decisão, sendo que dos poucos estudos pode-se citar: Braz et al. (2004); Martinhago (2012) e Fernandes et al. (2013).

Braz et al. (2004), tendo como objetivo apresentar um modelo matemático que auxiliasse no planejamento e na distribuição dos talhões em pequenas propriedades, utilizando programação por metas, conclui que o modelo proposto mostrou-se superior à exploração utilizada na área do projeto de assentamento Pedro Peixoto e garantiu o equilíbrio do rendimento anual para o pequeno proprietário.

O emprego de geotecnologias e métodos de otimização para alocação de pátios de estocagem de madeira é mais eficiente que os métodos intuitivos ou empíricos usualmente empregados no manejo de floresta inequiâneas (MARTINHAGO, 2012).

Fernandes et al. (2013), com finalidade de apresentar um método que auxilie no planejamento e na distribuição de recursos disponíveis, por meio da formulação de cenários para otimização do número de equipes para exploração, dependente do tempo limite para conclusão dos trabalhos, concluiu que o método se mostrou eficiente para o planejamento florestal das atividades em florestas nativas.

Dessa forma, estudos utilizando técnicas de PO, em problemas de tomada de decisão no setor florestal, tem se mostrado cada vez mais frequente e importante, sendo uma ferramenta eficaz para o planejamento florestal.

1.4 REGULAÇÃO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

As empresas florestais normalmente possuem povoamentos com várias idades e tamanhos, localizados em áreas com diferentes capacidades produtivas e, além disso, essas empresas devem atender a uma demanda preestabelecida. Dessa forma, a regulação



florestal para subsidiar o planejamento das ações de colheita florestal e auxiliar na tomada de decisão do manejador florestal torna-se de maior importância (SILVA, 2001).

Segundo Campos e Leite (2013), regular a produção de uma floresta significa definir e aplicar prescrições de manejo, visando obter uma estrutura de classes que, após o período de transição ou o horizonte de planejamento, resulte em uma produção sustentável. Dessa forma, a elaboração de um modelo de regulação exige descrição detalhada da floresta, mapeamento da capacidade produtiva atual, definição clara da unidade de manejo e das prescrições de manejo para cada uma dessas unidades.

Entretanto a estrutura regulada não é conseguida com facilidade por diversos motivos, entre eles: os acréscimos ou redução na área de efetivo manejo ao longo do horizonte de planejamento, os avanços tecnológicos e variações na demanda anual, o longo prazo que caracteriza o planejamento do processo produtivo florestal e a existência de inúmeras possibilidades de regimes de manejo (CASTRO, 2007; PIASSI, 2011).

A regulação florestal é normalmente realizada por meio do controle por área (método indutivo) ou controle por volume (método dedutivo). A principal diferença entre eles é que os métodos dedutivos permitem a determinação direta da taxa de corte, enquanto que os métodos indutivos apenas identificam os parâmetros que são utilizados na determinação da taxa de corte dos métodos dedutivos (SANTOS, 2012).

Segundo Leuschner (1990), floresta regulada é aquela onde há produções anuais ou periódicas de igual volume, tamanho ou qualidade, sendo desejável para que se tenha madeira de forma sustentável em rotações predeterminadas. Os profissionais florestais têm desenvolvido muitas técnicas para organizar a colheita de modo a conseguir a regulação florestal a partir de uma floresta desregulada e manter a regulação após obtê-la.

Para Davis (1966), os requerimentos essenciais de uma floresta totalmente regulada determinam que as classes de idade e tamanho das árvores sejam representadas em uma proporção tal e estejam consistentemente crescendo a taxas que conduzam a uma produção aproximadamente igual ou periódica de produtos de tamanho e qualidades desejáveis.

Ainda segundo esse autor, uma floresta regulada promove vários benefícios como: uniformidade da produção no tocante ao volume produzido que promova uma base estável ao mercado; equilíbrio entre receitas anuais e despesas; oportunidade de produzir madeira a partir de um estoque em crescimento não maior que o necessário; promoção da autossuficiência do setor e prevenção contra a escassez de madeira ou exaustão da floresta.



2 ESTRATIFICAÇÃO DE ÁREAS PRODUTIVAS SOB MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO NA AMAZÔNIA

O objetivo do presente trabalho foi propor uma metodologia de estratificação por produção e renda em uma área sob manejo florestal comunitário. Os dados utilizados são referentes ao censo de uma área de 728 ha, subdividida em 174 unidades de trabalho (UTs) de aproximadamente 4 ha cada. O censo baseia-se na mensuração de todas as árvores com diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) ≥ 35 cm. Para o presente estudo, foi selecionada a categoria de árvores exploráveis, os indivíduos de espécies comerciais com *dap* ≥ 50 cm. A análise de dados foi constituída pela quantificação do número de árvores, da área basal, da volume e da renda de madeira em pé para cada unidade de trabalho da categoria das árvores exploráveis. Assim, procedeu-se a elaboração de uma matriz *X* como *input* de dados, sendo essa matriz utilizada nas análises de agrupamento. Na análise de agrupamento, foi utilizado o método *K-Means Clustering*, sendo possível estratificar a área de manejo por meio do volume e da renda. Assim, a análise de agrupamento possibilitou a formação de três grupos, a classe I de menor produção volumétrica e renda, a classe II de produção volumétrica e renda média (II) e a classe III de maior produção e renda. Nesse sentido, a metodologia empregada mostrou-se útil para estratificar as áreas, permitindo identificar três classes de produção volumétrica e renda, sendo possível identificar áreas equiprodutivas.

2.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Floresta Amazônica ocupa uma extensão de cinco milhões de quilômetros quadrados, sendo que cerca de 70% são cobertos por florestas com grande potencial para produção florestal. O bioma Amazônico abriga um terço das florestas tropicais do mundo e constitui-se como maior reserva tropical do planeta, refletindo sua importância tanto para conservação, quanto para manejo florestal de impacto reduzido (SFB, 2010).

Entretanto, apesar de sua importância, ainda ocorre exploração de forma predatória, sem técnicas de manejo de impacto reduzido, representando uma ameaça para o futuro desse bioma (IMAZON, 2010).

Nesse contexto, a adoção de planos de manejo, visando à colheita florestal de baixo impacto, ganha espaço para promover a economia e a sustentabilidade da floresta, pois, além de permitir o baixo impacto na produção de madeira, pode proporcionar maior rentabilidade.



O manejo florestal de impacto reduzido é regido por técnicas que, em sua concepção, proporcionam uma colheita que promova o menor impacto possível, técnicas essas que, ao passar dos anos, estão sendo aprimoradas, visando chegar a um modelo ótimo de exploração, conciliando os fatores econômicos, sociais e ambientais.

Na Amazônia, uma das modalidades de manejo que vem se expandindo nos últimos anos é o manejo florestal comunitário que tem se apresentado como alternativa promissora de renda para as comunidades rurais, aliando o uso eficiente das florestas, sua conservação, propiciando o desenvolvimento e a melhoria na qualidade de vida das populações (PINTO et al., 2011).

Nessa modalidade, a dificuldade encontrada é a geração constante de recursos para os produtores, visto que suas áreas de produção são heterogêneas, não permitindo que as espécies de interesse estejam presentes de forma regular em todas as unidades de trabalho (BRAZ et al., 2004).

Dessa forma, uma medida que está sendo adotada como tentativa de regular essa produção, para que haja um fluxo constante de produtividade e lucro para o produtor é a estratificação dessas áreas, tornando-as mais homogêneas (LIMA et al., 2014). Segundo Souza e Souza (2006), a estratificação em áreas homogêneas permite inferir sobre a capacidade produtiva de cada zona, sendo fundamental na elaboração e na execução dos planos de manejo florestal sustentável.

Na Amazônia, considerando que as florestas são formadas por diversas espécies com os mais variados modos e formas de vida, é importante realizar uma análise envolvendo maior número de variáveis possíveis. Desse modo, a utilização de técnicas multivariadas pode permitir estudar o inter-relacionamento das variáveis (SANTOS et al., 2004).

Entre os métodos multivariados, a análise de agrupamento e a de discriminante são de maior viabilidade para estratificação de áreas produtivas em florestas (FREDDI et al., 2008).

Souza (2003) e Souza e Souza (2006) concluíram que a estratificação de unidades de trabalho com alto, médio e baixo estoque volumétrico permite melhor planejamento e controle da produção florestal, assim como propicia maior eficiência e precisão nas atividades de colheita, nos tratamentos silviculturais e no monitoramento da floresta estratificada.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi propor uma metodologia de estratificação por produção e renda no Projeto de Desenvolvimento Sustentável Igarapé do Anta, no município de Santarém, estado do Pará.



2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Igarapé do Anta está localizada no município de Santarém, entre 54°31' e 54°39' W e entre 03°14' e 03°21' S, a oeste do estado do Pará, distante 1.374 km da capital Belém (figura 1). Possui limites e confrontações ao norte, com o Projeto de Assentamento (PA) Actaia, e a oeste, com o Projeto de Assentamento Piranha, e a leste limita-se com a margem do rio Curuá-Una. O acesso é realizado pela BR 163, entrada a leste no km 88, percorrendo cerca de 14 km até a Fazenda Treviso.

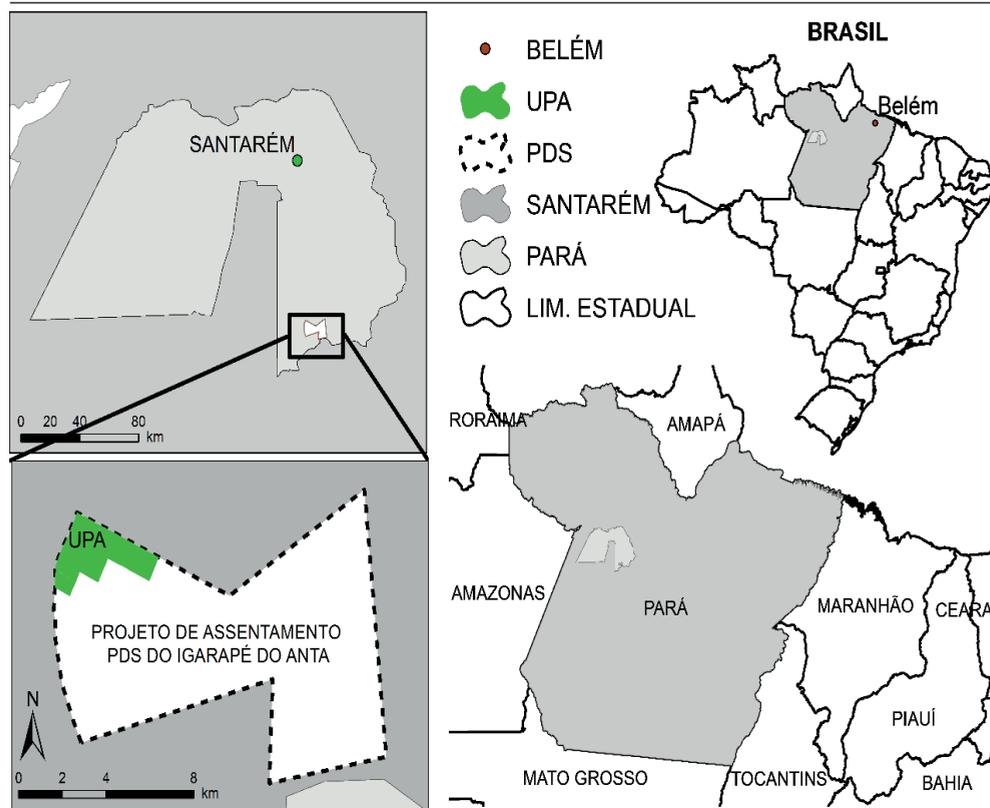
O tipo climático da região é o Ami, com temperatura do ar elevada, com média anual de 25,6° C, máxima de 31° C e mínima de 22,5° C. A umidade relativa apresenta valores acima de 80% em quase todos os meses do ano. A pluviosidade aproxima-se dos 2.000 mm anuais, com certa irregularidade durante todo o ano (EMBRAPA, 2014).

O solo do PDS Igarapé do Anta corresponde a 25% de solo latossolo amarelo álico marginal, 60% de latossolo amarelo álico argiloso e latossolo amarelo pálico marginal e 15% argissolo vermelho amarelo álico média/argilosa e latossolo amarelo álico argiloso ondulado. Quanto ao relevo, apresenta 80% de áreas planas e 20% de suave a fortemente ondulado. Em relação à hidrografia, a área é servida de dois igarapés (Anta e Água Cristalina). A vegetação predominante é a floresta ombrófila densa de terras baixas, possuindo os ecossistemas de mata ciliar e mata de terra firme (EMBRAPA, 2014).



Figura 1 – Localização do projeto de assentamento PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará, Brasil

Área do Manejo Florestal Comunitário Sustentável sobre a Gestão do INCRA



Fonte: elaboração do autor.

2.2.2 PROJETO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL IGARAPÉ DO ANTA (PDS)

A área total do PDS Igarapé do Anta é de 10.348,32 ha, subdividida em: área destinada ao manejo florestal comunitário de 9.756,74 ha, área de proteção permanente (APP) com 351,58 ha e área de uso intensivo, com 240 ha, sendo que esta última subdivide-se em 120 ha para uso intensivo coletivo e 120 ha para uso intensivo individual, como nesse projeto há 40 assentados, cada um deles possuem 3 ha.



Dos 9.756,74 ha de floresta disponível para manejo florestal, foi estabelecido um acordo para o manejo florestal comunitário sustentável de 3.500 ha entre a Cooperativa Mista dos Produtores do PDS Igarapé do Anta (Comapa) e a Empresa Manejo Florestal e Prestação de Serviços (Maflops).

Embora o PDS tenha sido criado em 2001, somente em novembro de 2005, o Instituto de Reforma Agrária (Incra), órgão gestor da referida área, entregou as casas para moradia das famílias, juntamente com as autorizações de desmatamento do PDS necessárias à implantação de culturas agrícolas.

Nos anos de 2004 e 2005, além de terem sido construídas 40 casas, as lideranças da Comapa também receberam o crédito (fomento) e coordenaram seu uso pelas famílias, aplicando em ferramentas de trabalho e alimentação.

O contrato de parceria entre a Comapa e a Maflops permitiu, com início em 2006, a exploração madeireira dos 240 ha, autorizadas para desmatamento pelo órgão competente, permitidos para uso intensivo do solo.

A etapa da colheita da madeira estava prevista para o mesmo ano de 2006, entretanto, em virtude dos processos administrativos e legais para liberação do plano de manejo nos órgãos ambientais, ele ainda não foi colocado em prática, o que ocasionou um grande prejuízo para empresa Maflops, ocorrendo a paralisação de suas atividades. Entretanto o retorno das atividades da empresa está previsto para o segundo semestre de 2014.

Diferentemente dos projetos de assentamentos tradicionais da Amazônia, os quais possuem reservas legais individuais, o PDS Igarapé do Anta possui uma reserva coletiva, o que pode proporcionar um desenvolvimento diferenciado, uma vez que qualquer responsabilidade atribuída à cooperativa será atribuída aos 40 assentados na mesma proporção.

Os recursos financeiros adquiridos com a comercialização dos produtos provenientes da área do PDS poderão ser distribuídos em partes iguais e investidos em benfeitorias que atenderão às necessidades coletivas do assentamento.

Nesse contexto, o plano de manejo florestal sustentável comunitário assume característica de um plano de manejo misto, ou seja, cogestão e cooperação entre pequenos produtores rurais assentados (detentores do plano de manejo) e empresa prestadora de serviços (Maflops).



2.2.3 COLETA DE DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram cedidos pela Comapa e pela Maflops, intermediados por representantes da unidade regional do serviço florestal brasileiro no distrito florestal sustentável da BR-163, que são referentes ao censo florestal de uma área de 728 ha, onde foi proposta uma subdivisão em 174 unidades de trabalho de aproximadamente 4 ha cada, sendo que deste, a empresa inventariou 628 ha e a cooperativa inventariou mais 100 ha, realizados, respectivamente, em 2001 e 2006.

É necessário ressaltar que as unidades de trabalho propostas não são unidades administrativas, ou seja, não há uma subdivisão física dessas unidades de trabalho na área de manejo. A proposta de subdivisão das unidades foi realizada com auxílio do *Software ArcGIS* versão 10.2, sendo esse recurso utilizado para aumentar o poder discriminatório do agrupamento das áreas de manejo.

Dessa forma, foram testados diferentes tamanhos das unidades de manejo, sendo simuladas áreas de 1 ha, 2 ha, 3 ha e 4 ha, chegando-se a uma conclusão que as unidades de 4 ha foram as que apresentaram o melhor poder discriminatório, pois a divisão das áreas de 1 ha, 2 ha e 3 ha não apresentaram árvores em todas as 174 unidades de trabalho.

No inventário de prospecção (censo) ou no censo florestal, ocorreu a mensuração de todas as árvores com diâmetro a 1,3 m de altura (*dap*) ≥ 35 cm, onde foram obtidas informações, como número da árvore, coordenadas de localização da árvore, identificação botânica das espécies, altura comercial e qualidade do fuste.

De posse dessas informações, as árvores foram identificadas e classificadas como árvores-matrizes, árvores remanescentes, árvores remanescentes defeituosas, árvores localizadas em APPs e árvores exploráveis, definidas conforme a tabela 1 e representadas na figura 2.

**Tabela 1 – Categorias das árvores e suas respectivas descrições**

Categorias	Descrições
1 – Matrizes	Espécies porta-sementes, representando 10% do total do número de indivíduos de cada espécie com dap \geq 50 cm. Espécies proibidas de corte, exemplo, castanheira e seringueira. Espécies que possuem densidade inferior ou igual a três indivíduos com dap \geq 50 cm, a cada 100 ha (raras).
2 – Árvores APP	Espécies que estão presentes em APPs.
3 – Remanescentes	Espécie com diâmetro menor que o diâmetro mínimo de corte. Espécies de baixo interesse comercial no momento. Árvores com dap \geq 35 cm.
4 – Remanescentes defeituosas	Árvores de grande porte, inviáveis para futura colheita em virtude de apresentar defeitos em seu fuste.
5 – Exploráveis	Árvores selecionadas para corte no primeiro ciclo de colheita (dap \geq 50 cm) com potencial econômico.

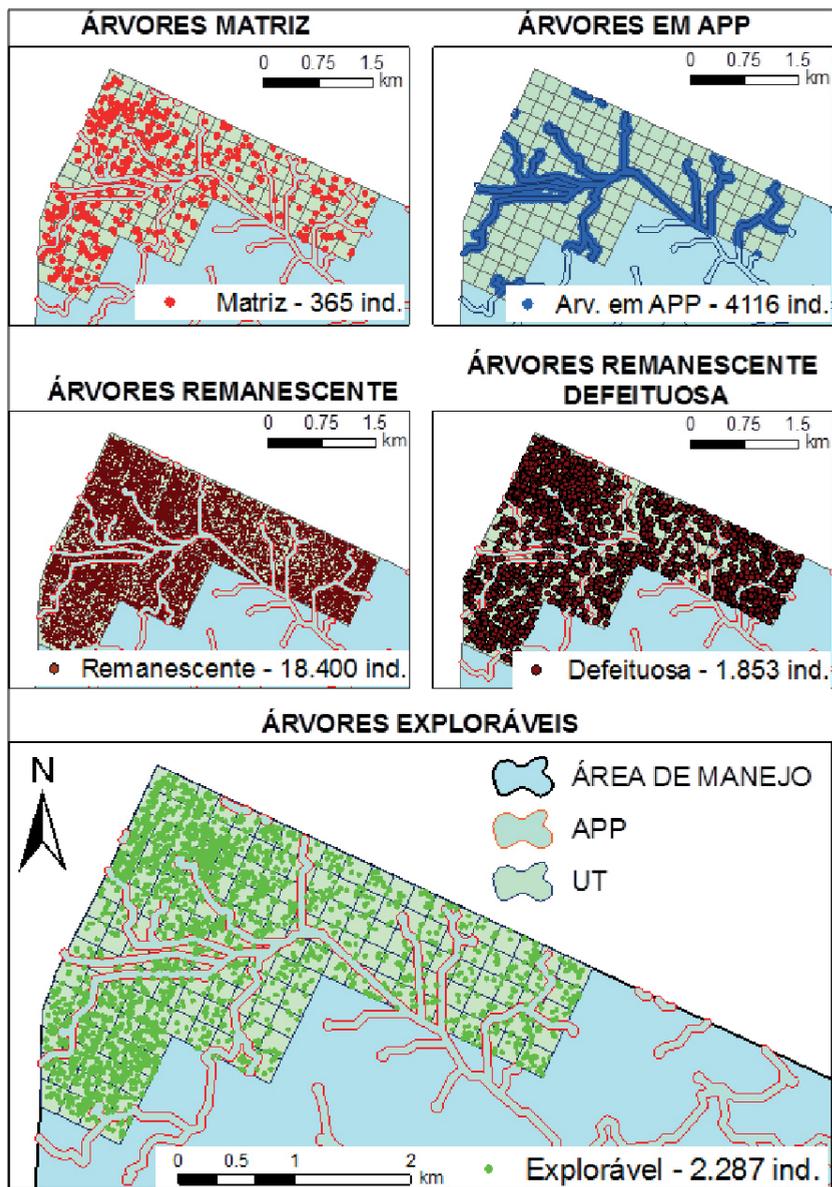
Fonte: elaboração do autor.

Ressalta-se que, após classificar todas as árvores e caso o volume de madeira da categoria de exploráveis excedesse 30 m³ por ha, o manejador florestal adotaria uma série de critérios que envolveriam desde a retirada de árvores de piores qualidades de fuste até árvores de menores volume ou de menor interesse comercial.

Além disso, como se trata de uma relação comercial da empresa com a comunidade, foi considerado o preço da madeira em pé obtido com base na tabela do Instituto de Desenvolvimento Florestal do Pará (Ideflor) e Santana et al. (2010), atualizado conforme preço de mercado local no ano de 2014 na região do presente estudo, sendo o preço da madeira definido pelas seguintes categorias de madeira: C1: madeira especial (preço médio de R\$ 86,29 m³); C2: madeira nobre (preço médio de R\$ 50,32 m³); C3: madeiras vermelhas (preço médio de R\$ 32,80 m³); e C4: madeiras branca e mista (preço médio de R\$ 16,25 m³).



Figura 2 – Mapeamento contendo os indivíduos das categorias de árvores conforme planejamento do manejo florestal comunitário no PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará, Brasil



Fonte: elaboração do autor.



2.2.4 ANÁLISES DOS DADOS

A análise de dados foi constituída pela quantificação do número de árvores, da área basal, do volume e da renda de madeira para cada unidade de trabalho para a categoria de árvores exploráveis. De posse desses dados, procurou-se estratificar o povoamento em áreas equiprodutivas.

Assim, procedeu-se à elaboração de uma matriz X como *input* de dados, em que cada variável X_{ij} representa o i -ésimo número de árvore, de área basal, de volume e de renda na j -ésima unidade de trabalho, sendo essa matriz utilizada como *input* nas análises de agrupamento.

Na análise de agrupamento, foi utilizado o método *K-Means Clustering*, método não hierárquico de agrupamento, recomendado quando se tem uma hipótese do número inicial de grupo (K); e, nesse caso, o algoritmo *K-Means* produz exatamente K diferentes grupos de maior distinção possível, minimizando a variabilidade dentro de grupos e maximizando a variabilidade entre os grupos (MORISSETTE; CHARTIER, 2013). Neste estudo, foram consideradas três classes de estoque, doravante denominadas classes I, II e III.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* R e os mapas de planejamento foram realizados no ambiente de execução de tarefas do *Software ArcGIS* versão 10.2, com licença adquirida pela Universidade Federal do Espírito Santo (ESRI, 2014).

O volume de fuste com casca de árvores individuais foi estimado pelo emprego da equação $LogVol = -3,54174100488 + 2,2850722815 \log dap + 1,2908568922 \frac{1}{dap}$, desenvolvida por Barros e Silva Júnior (2009), no município de Anapu, oeste do Pará, na mesma tipologia florestal deste trabalho.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No censo das 174 unidades de trabalho, foram encontradas 27.021 árvores, sendo que 2.287 foram categorizadas como árvores exploráveis, correspondente a 52 espécies comerciais. O volume de madeira das árvores exploráveis foi de 18.836,98 m³ e geraram uma renda líquida madeireira para a comunidade de R\$ 710.394,55, sendo correspondente ao preço por categoria de preço e o volume por m³.



2.3.1 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Por meio da análise de agrupamento, considerando o método *k-means clustering*, as unidades de trabalho foram reunidas em classes de estoque I, II, III e denominadas em classes de menor produção (I), classe de produção média (II) e classe de maior produção (III) nas unidades de trabalho, sendo estimado o volume e a renda mínima, média, máxima e total em cada classe de estoque.

2.3.1.1 Estratificação por volume

As classes de estoque volumétrico foram agrupadas conforme representado na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Caracterização das classes de estoque volumétrico com vista ao número de UTs, volume mínimo, médio, máximo, total e coeficiente de variação em cada classe de estoque

Classes de estoque	N° Uts*	Volume (m ³ /UTs)				CV (%)
		Mínimo	Médio	Máximo	Total	
I	85	5,01	45,09	86,00	3.832,26	45,91
II	63	86,01	127,48	195,00	8.031,13	26,76
III	26	195,01	268,22	458,00	6.973,60	24,50
Total	174				18.836,98	

Fonte: elaboração do autor.

A classe de estoque I, de menor produção volumétrica, foi formada por 85 UTs, correspondente às UTs, correspondente ao volume total de 3.832,26 m³, com média de 45,09 m³ nas unidades de trabalho.

A classe de estoque II, de produção média, foi formada por 63 unidades de trabalho, correspondente ao volume total de 8.031,13 m³, com média de 127,48 m³ nas unidades de trabalho.

Já a classe de estoque III, de maior produção volumétrica, agrupou 26 UTs e obteve o volume total de 6.973,60 m³, com média de 268,22 m³ nas unidades de trabalho.

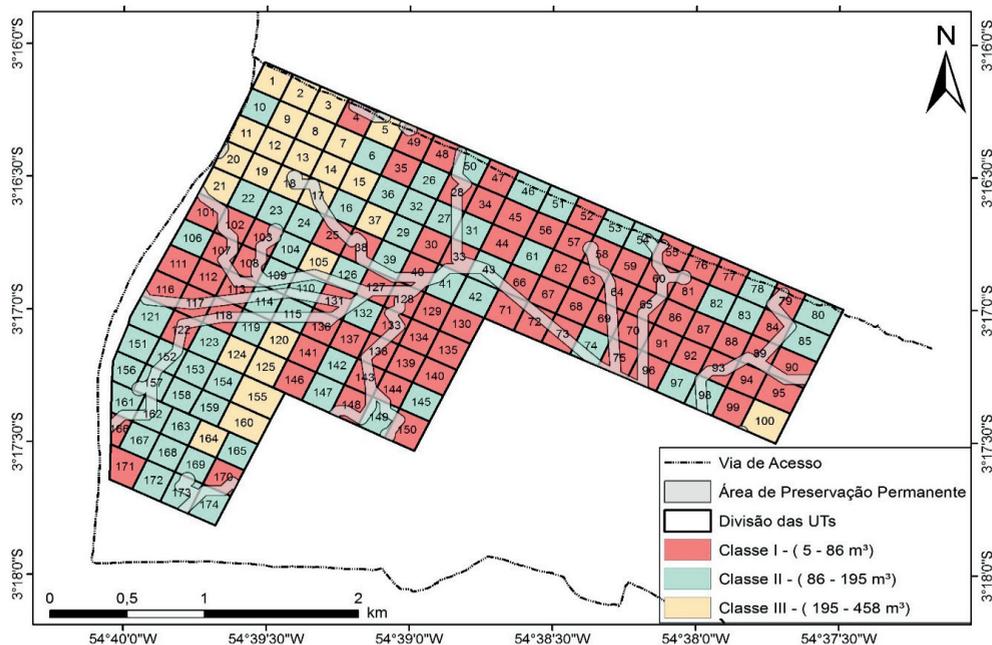
Os coeficientes de variação nas classes de estoque volumétrico I, II e III foram de respectivamente de 45,91%, 26,76% e 24,50%; dessa forma, apesar da análise de agrupamento promover a formação de grupos homogêneos, há uma significativa variação nas classes formadas, reflexo da heterogeneidade das florestas inequívocas.



Além disso, observa-se que a classe de estoque I, apesar de agrupar o maior número de unidades de trabalho, teve o volume total inferior às outras duas classes de estoque. Já a classe de estoque II e III, apesar de agrupar a menor quantidade de unidades de trabalho, representou 78% do volume total a ser explorado, o que está associado à presença de indivíduos de grande porte, em termos de diâmetro e altura ou reflexo da distribuição irregular de espécies de interesse comercial na área de manejo, onde, em uma única unidade de trabalho, ocorre a presença de muitos indivíduos em relação às outras unidades de trabalho.

A estratificação das unidades de trabalho em classes de estoque volumétrico, conforme representado na figura 3, é importante ao planejamento da colheita madeireira, por subsidiar o manejador na escolha da melhor estratégia de manejo, visando, por exemplo, regular a produção ou subsidiar o planejamento operacional, como a determinação de números de trabalhadores, números de equipes, maquinário entre outras variáveis, pois identificam-se áreas de maior ou menor produção.

Figura 3 – Mapa representando as classes de estoque volumétrico I, II e III



Fonte: elaboração do autor.



Segundo Souza e Souza (2006) e Lima et al. (2014), a estratificação das unidades de trabalho em classes de estoque volumétrico permite o melhor planejamento e controle da produção florestal, bem como a execução das atividades de colheita e tratamentos silviculturais na área de manejo florestal.

Por meio da estratificação, é possível estabelecer tratamentos silviculturais nas classes de menor estoque volumétrico, como, por exemplo, o corte de cipós, o plantio de enriquecimento ou a retirada de algumas árvores para promover o crescimento de árvores de espécies de interesse comercial, garantindo, assim, o manejo de impacto reduzido e a sustentabilidade da área de manejo.

A estratificação em áreas homogêneas de produção em volume mostrou-se útil para subsidiar o planejamento de manejo florestal comunitário, dessa forma, a comunidade detentora do plano de manejo poderá decidir a melhor estratégia de manejo a ser adotada, a qual venha atender ao interesse coletivo.

2.3.1.2 Estratificação por renda

As classes de renda de madeira em pé foram agrupadas conforme a tabela 3. A classe de renda I gerou a renda total de R\$ 289.405,48, com média de R\$ 2.305,06 e coeficiente de variação de 51,53%, correspondente a 124 unidades de trabalho, sendo que essas unidades de trabalho geraram a renda mínima de R\$ 82,04, e máxima R\$ 4.800,00.

A classe de renda II foi formada por 42 unidades de trabalho e geraram a renda total de R\$ 310.656,62, com renda mínima, média e máxima respectivamente, de R\$ 4.800,01, R\$ 7.468,02 e R\$ 10.600,00 e coeficiente de variação de 20,17%.

Já a classe de renda III agrupou apenas oito unidades de trabalho e gerou a renda total de R\$ 110.332,45, com média de R\$ 14.041,56, mínimo de R\$ 10.600,01 e máximo de R\$ 18.668,10 e coeficiente de variação de 15,97%.

Observa-se que a classe de renda II, apesar de agrupar apenas 42 unidades de trabalho, apresenta uma renda total R\$ 313.656,72, sendo essa superior às outras classes de renda, podendo ser reflexo do agrupamento das espécies de interesse comercial nessas unidades de trabalho.



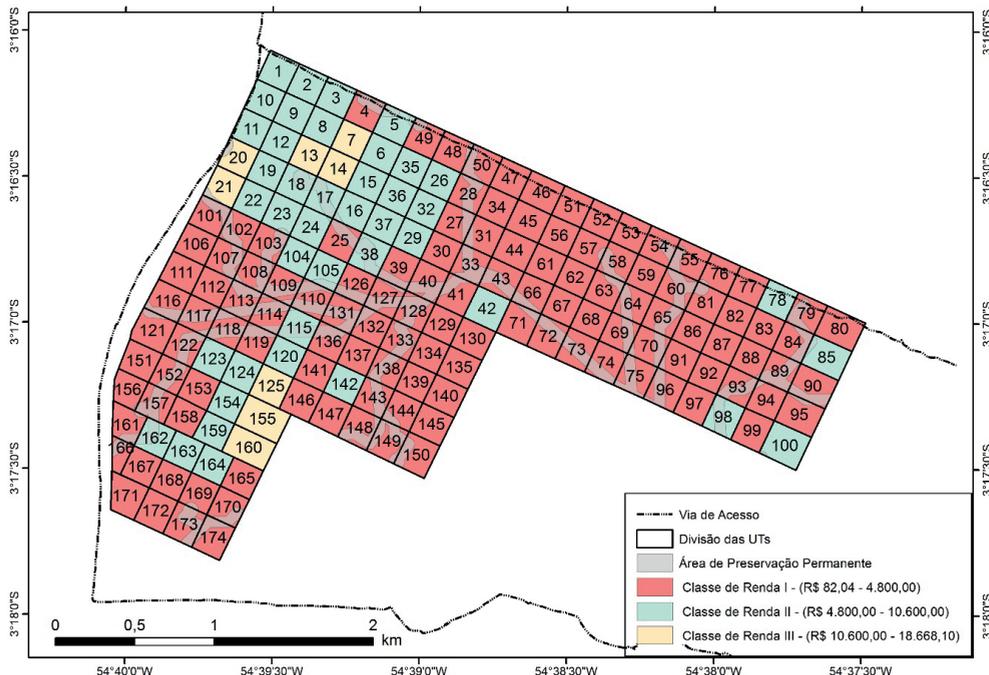
Tabela 3 – Caracterização das classes de estoque de renda com vista ao número de UTs, renda mínima, média, máxima, total e coeficiente de variação em cada classe de estoque

Classes de estoque	Nº Uts	Renda de madeira em pé (R\$/UTs)				CV (%)
		Mínima	Média	Máxima	Total	
I	124	82,04	2.350,06	4.800,00	289.405,48	51,53
II	42	4.800,01	7.468,02	10.600,00	310.656,62	20,71
III	8	10.600,01	14.041,56	18.668,10	110.332,45	15,97
Total	174				710.394,55	

Fonte: elaboração do autor.

A estratificação por renda de madeira em pé em áreas de manejo florestal comunitário, conforme representada na figura 4, pode-se tornar nova alternativa de estratificar as áreas, pois demonstra o lucro de cada unidade de trabalho de acordo com as espécies de interesse, podendo tornar-se, dessa forma, importante ferramenta de tomada de decisão no manejo florestal comunitário, auxiliando no planejamento e fortalecendo o manejo de impacto reduzido.

Figura 4 – Mapa representando as classes de renda I, II e III



Fonte: elaboração do autor.



Medeiros (2008) e Lima et al. (2014) afirmam que as técnicas de análises multivariadas são ferramentas úteis para definição de classes de estoque volumétrico, bem como alocação de grupos, que apresentam características semelhantes dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, inferindo sobre a probabilidade de pertencer a determinada classe.

A estratificação por renda pode permitir que a comunidade planeje sua exploração madeireira ao longo do horizonte de planejamento ou com a melhor combinação de unidades que proporcione o melhor retorno financeiro.

2.3.1.3 Conclusão

A metodologia empregada mostrou-se útil para estratificar as áreas, permitindo identificar três classes de produção volumétrica e renda, sendo a subdivisão da área em unidades de manejo menores e a estratificação, utilizando a análise de agrupamento e discriminante, pode ser utilizada para estratificação eficiente da área de manejo em classes de produção.



3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA REGULAÇÃO DA RENDA EM UM PLANO DE MANEJO COMUNITÁRIO NA REGIÃO AMAZÔNICA

O objetivo do estudo foi simular uma nova dinâmica de colheita nas áreas de manejo comunitário, por meio do agrupamento das unidades de trabalho, promovendo a regulação por renda e analisando a viabilidade do modelo de otimização na relação empresa/comunidade. Para tanto, foram utilizados dados referentes ao inventário censitário de uma área de 728 ha, subdividida em 174 UTs de aproximadamente 4 ha cada. De posse do inventário, foi realizada a classificação dos indivíduos, identificando os passíveis de exploração de acordo com os critérios estabelecidos pela lei. Diante do exposto, foi proposto um modelo matemático, com objetivo de minimizar a distância em relação às unidades de trabalho de referência durante o horizonte de planejamento de 3, 5 e 10 anos, sendo o modelo condicionado por uma restrição de renda média anual e área. A formulação do modelo de planejamento para os cenários propostos de 3, 5 e 10 anos resultou em modelos com 522, 870 e 1.740 variáveis de decisão para os respectivos horizontes de planejamento, e as formulações das restrições resultaram em 1.566, 4.350 e 17.400 restrições respectivamente. O modelo proposto atendeu ao objetivo global em minimizar as distâncias entre unidades de trabalho cortadas no ano i em relação à unidade de trabalho de referência, visando reunir as unidades de trabalho para gerar uma renda média anual em cada ano, promovendo a formação de novas unidades a serem exploradas. A dinâmica de colheita proposta proporciona o agrupamento das unidades de trabalho, promovendo uma renda média anual para o produtor ao longo do horizonte de planejamento, mantendo uma boa relação empresa/comunidade. A melhor estratégia é um horizonte de planejamento de três anos, pois promoveu o maior lucro para ambos.

3.1 INTRODUÇÃO

Um das modalidades de manejo florestal que vem se destacando na Amazônia é o manejo florestal comunitário, que visa promover a utilização racional dos recursos florestais, aliando o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Segundo Braz et al. (2004), uma das dificuldades desse manejo é garantir um fluxo constante de produção, visto que suas áreas de produção são heterogêneas, não permitindo que as espécies de interesse estejam presentes de forma regular em todas



as UTs. Tal fato ocasiona oscilação na renda anual da madeireira, podendo essa ser satisfatória em um ano e, no ano seguinte, pode ser abaixo do esperado pelo produtor.

Atualmente, muitos planos de manejo comunitário assumem característica mista, ou seja, é fruto da cogestão e da cooperação entre as comunidades de produtores rurais (detentora do plano manejo) e a empresa de exploração madeireira (prestadora de serviço).

Dessa forma, o planejamento da exploração madeireira em florestas inequiâneas é determinado de tal forma que uma parcela da floresta seja dividida em unidade de produção anual (UPA), e estas, por sua vez, em UTs, sendo que o número de UPAs equivaleria ao número de anos do ciclo de corte, de modo que cada ano uma delas seja colhida (SOUZA; SOARES, 2013).

Entretanto, em algumas áreas de manejo florestal comunitário na Amazônia, é estabelecida uma única unidade de produção e as outras unidades acabam sendo estabelecidas em áreas próximas em outras comunidades, o que dificulta o manejo comunitário de determinado assentamento, considerando ainda que o número de UPAs não equivaleria ao número de anos de ciclo de corte.

Segundo Braz et al. (2004), essa situação induz indiretamente a prática de ações ilegais, como explorar árvores potencias de talhões já explorados ou que deverão ser explorados futuramente, visto que essas unidades de produção são colhidas em um só ano, proporcionando a renda madeireira de uma só vez, e, somente depois de completado o número de anos do ciclo de corte, o produtor poderá voltar nessas áreas.

A renda madeireira em uma única parcela representa um problema para o produtor, pois muitos deles enfrentam problemas de gestão de suas rendas oriundas dos planos de manejo comunitário, muitas vezes gastando ou investindo em recursos que não permitem seu desenvolvimento social e econômico.

Nesse contexto, decisões básicas sobre os tratamentos a serem aplicados anualmente em cada unidade de manejo, de modo a atingir os objetivos estabelecidos para toda a floresta, onde um misto de decisões de ordem silvicultural e de manejo especificamente está envolvido, são essenciais ao planejamento e à condução do plano de manejo florestal (CAMPOS; LEITE, 2013).

Essa atividade apresenta enorme complexidade por abranger desde aspectos ambientais, relacionados ao crescimento das árvores, aos fatores edáficos e climáticos, até os aspectos sociais e econômicos, sendo que este último ainda predomina nos planos



de manejo (BETTINGER et al., 2009). Um outro desafio para o planejamento é a regulação da produção.

Assim, por um lado, a pesquisa operacional (PO) é empregada com frequência para resolver problemas de otimização, especialmente em florestas equiâneas. Por outro lado, são poucos os estudos com aplicação em florestas inequiâneas, cabendo mencionar Braz et al. (2004) e Martinhago (2012). Dessa forma, um desafio ao planejamento é adaptar alternativas de solução em pesquisa operacional desenvolvidas para florestas plantadas em florestas nativas.

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi simular uma nova dinâmica de colheita nas áreas de manejo comunitário, por meio do agrupamento das unidades de trabalho, promovendo a regulação por renda e analisando a viabilidade do modelo de otimização na relação empresa/comunidade.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A situação encontrada em uma área de manejo comunitário no PDS Igarapé do Anta foi utilizada como estudo de caso. O referido assentamento possui uma área de 9.756,74 ha de floresta disponível para o manejo florestal comunitário. Como a comunidade ainda não possui capacidade técnica e financeira para realizar e gerir o manejo florestal, estabeleceu-se um acordo de uma área de 3.500 ha com a Maflops, para explorar essa área ao longo de sete anos.

Os restantes da área de 6.256,47 ha sobre a responsabilidade da comunidade (detentora do plano de manejo) estabelecem comercialização com a mesma empresa ou qualquer outra empresa, de tal forma que atenda ao objetivo da comunidade.

Os dados utilizados são do supracitado acordo, sendo referente ao censo florestal de uma área de 728 ha, que faria parte da primeira UPA. Dessa forma, foi proposta uma divisão da área de manejo em 174 unidades de manejo, com área média de 4 ha cada (figura 5).

As unidades de manejo propostas não são unidades administrativas, ou seja, não há uma subdivisão física dessas unidades de trabalho na área, a proposta de subdivisão das unidades foi realizada com auxílio do *Software ArcGIS* versão 10.2 (ESRI, 2014), utilizado para aumentar o poder discriminatório do agrupamento proposto pelo modelo de otimização, com as áreas de manejo sobre diferentes potenciais de produção.

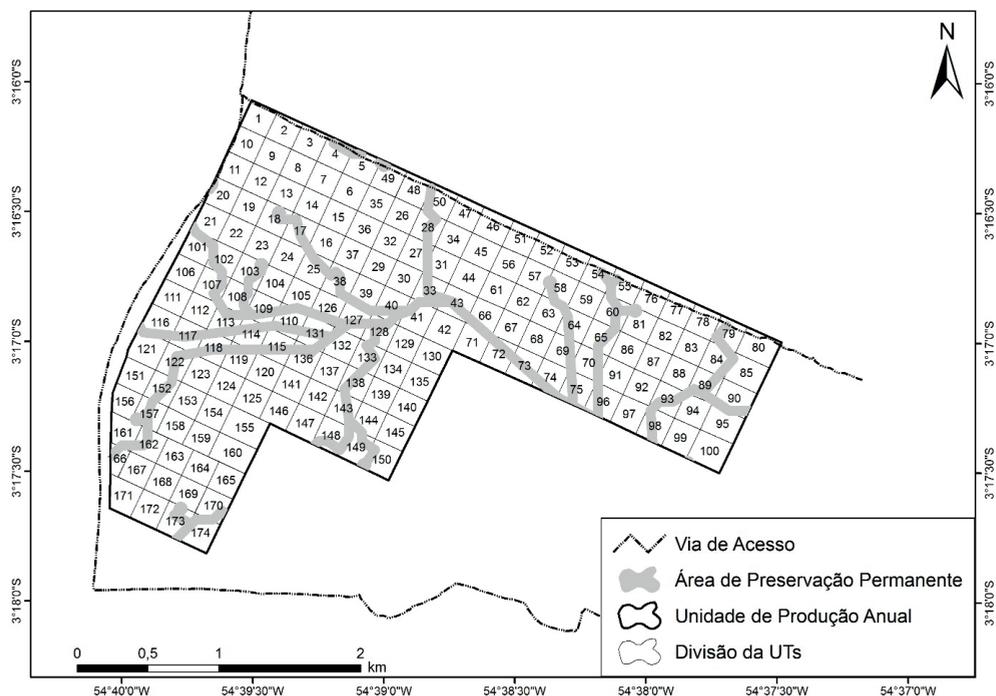


Do ponto de vista da empresa, o ideal é que seja adotada a situação comumente encontrada em plano de manejo florestal comunitário da Amazônia, onde as áreas e as unidades de produção sejam colhidas em um só ano, proporcionando a renda madeireira apenas nesse período.

Do ponto de vista do produtor, a renda madeireira de uma só vez representa um problema, pois muitos deles enfrentam dificuldades de gestão dos recursos econômicos oriundos do plano de manejo comunitário, muitas vezes gastando ou investindo em recursos que não permitem seu crescimento socioeconômico.

Então a presente pesquisa busca alternativas para conciliar a geração de renda média anual para o produtor, com a lucratividade da empresa, e achar uma solução que fortaleça a relação empresa/comunidade.

Figura 5 – Esquema representando as subdivisões das unidades de manejo na área do PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará



Fonte: elaboração do autor.



Para o plano de manejo florestal, destinado à produção de madeira, foi realizado o inventário censitário, no qual se estimaram os volumes de fuste com casca das árvores individuais com $\text{dap} \geq 50$ cm da categoria de árvores exploráveis, em que foram obtidas informações, como número das árvores, coordenadas de localização da árvore, identificação botânica das espécies, altura comercial e qualidade do fuste.

Foi obtido o preço da madeira em pé, com base na tabela do Instituto de Desenvolvimento Florestal do Pará (Ideflor) e Santana et al. (2010), atualizado conforme preço de mercado local no ano de 2014 na região do presente estudo, sendo o preço da madeira definido pelas seguintes categorias de madeira: C1: madeira especial (preço médio de R\$ 86,29 m^3); C2: madeira nobre (preço médio de R\$ 50,32 m^3); C3: madeiras vermelhas (preço médio de R\$ 32,80 m^3); e C4: madeiras branca e mista (preço médio de R\$ 16,25 m^3).

Foi obtida a renda de madeira em pé, pois o pequeno produtor assentado comercializa a madeira em pé com a empresa prestadora de serviço, ou seja, os custos do manejo florestal são de responsabilidade da empresa prestadora de serviço, o produtor possui custo mínimos, como autenticação de documentação, que acaba sendo de responsabilidade da empresa, pois o produtor não possui capacidade de gestão.

É importante ressaltar que, no inventário censitário, foram identificadas e classificadas as árvores-matrizes, as árvores remanescentes, as árvores defeituosas, as árvores localizadas em APP e as árvores exploráveis, este último foco do presente estudo. Essas etapas são legalmente exigidas ao manejo florestal sustentável na Amazônia.

Diante do exposto, para que haja uma regulação e o agrupamento da unidade de trabalho, foi proposto um modelo de otimização de regulação por renda.

3.2.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE OTIMIZAÇÃO

A ideia inicial foi trabalhar com o modelo de programação inteira binária em que a variável de decisão X_{ij} significa corta ou não a unidade de trabalho i na prescrição de manejo j , minimizando a distância em relação a uma unidade de trabalho de referência (Anexo B).

Então, o modelo combina, de forma otimizada, a formação de novas unidades de manejo florestal, minimizando a distância em relação às unidades de trabalho de referência durante o horizonte de planejamento proposto, sendo seguido de restrições de área e de renda.



É importante esclarecer que as unidades de trabalho de referência foram determinadas próximas às estradas já planejadas na área, de tal modo a facilitar o planejamento de exploração anual.

Considerando o objetivo primário de cortar unidades de trabalho mais próxima possível umas das outras, o agrupamento das unidades de trabalho para a formação de novas unidades de manejo justifica-se pela necessidade de minimizar os custos de colheita.

3.2.2.1 Função objetivo

A função objetivo, como o próprio nome sugere, expressa o objetivo do problema em questão, que visa minimizar a distância entre unidades de trabalho cortada no ano i em relação à unidade de trabalho de referência, de acordo com a união das unidades de trabalho, descrito conforme a equação 1.

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}X_{ij} \quad (1)$$

Em que:

Z = distância em metros da unidade de trabalho em corte em relação às outras unidades de trabalho.

C_{ij} = distância de cada unidade de trabalho i , manejada segundo a alternativa de manejo j (ano de corte ou horizonte de planejamento proposto).

X_{ij} = variável binária, em que 1 significa cortar a unidade de trabalho i assinalado na alternativa de manejo j (ano de corte) e 0 significa o contrário.

Para determinar a distância da unidade de trabalho em corte em relação às outras unidades, foi utilizada distância euclidiana simples, obtendo-se distância em metros em relação ao ponto central de cada unidade de trabalho, gerando uma matriz simétrica de dimensão $n \times n$.

3.2.2.2 Restrição de área

Cada unidade de trabalho i poderá ser cortada somente uma vez na prescrição de manejo j , ou seja, este só poderá ser novamente cortado depois de respeitado o ciclo de corte estabelecido na legislação do manejo florestal da Amazônia, o que fica especificado na restrição apresentada na equação 4.



$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad (4)$$

X_{ij} = já definidos anteriormente.

3.2.2.3 Restrição de regulação por renda

Essa restrição tem como objetivo garantir que não haja uma grande variação de lucro do produtor durante determinado horizonte de planejamento, logo essa renda foi obtida dividindo a renda da unidade de manejo pelo horizonte de planejamento proposto, obtendo uma renda média anual. Foram simulados cenários com variações de $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$ em torno da renda média anual:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} X_{ij} \geq Rmin_h (1+\alpha) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} X_{ij} \leq Rmax_h (1-\alpha) \quad (3)$$

Em que:

R_{ij} = renda de madeira em pé (R\$), no período k , da unidade de trabalho i seguindo a alternativa de manejo j (ano de corte).

$Rmin_h$ e $Rmax_h$ = são as demandas de lucro mínimo e máximo respectivamente, em cada período do horizonte de planejamento.

α = variações de $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$ em torno da renda média anual.

Além disso, para avaliar a variação da renda regulada entre os anos consecutivos do horizonte de planejamento, foi calculado a diferença percentual de um ano para outro, dividindo sempre pelo menor valor de renda naquele período, isto é necessário para verificar se a renda foi regulada ao horizonte de planejamento proposto.

3.2.3 CENÁRIOS

Deve-se considerar que o modelo proposto, inicialmente, foi avaliado propondo diferentes cenários, de acordo com diferentes horizontes de planejamento, com o intuito de avaliar a melhor estratégia de manejo, de tal forma que a divisão das áreas de acordo com o horizonte de planejamento proporcionará tempo para o planejamento de novas UPAs para a comunidade, que ainda não foram submetidas ao plano de manejo.



- 1) Colheita da área de manejo em torno da renda média anual durante o horizonte de planejamento de três anos com variação de renda anual de $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$.
- 2) Colheita da área de manejo em torno da renda média anual durante o horizonte de planejamento de cinco anos com variação de renda anual de $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$.
- 3) Colheita da área de manejo em torno da renda média anual durante o horizonte de planejamento de 10 anos com variação de renda anual de $\pm 10\%$, $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$.

Assim, para avaliar a renda madeireira ao longo do horizonte de planejamento, foi adotado o incremento volumétrico de $0,86 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, conforme determina na Resolução Conama nº 406, de 2 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009). Após adotado o incremento, foi fixado o preço médio da madeireira de cada unidade de trabalho, sendo que este foi multiplicado pelo volume e foi descontada a taxa de desconto em cada ano, obtendo esse valor presente para o ano zero. A taxa de juros desconto foi referente ao índice do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) no ano de 2013 de 7,92%, valor utilizado na aplicação da equação 6.

$$\text{Receita} = \sum_{k=1}^h Rk(1+t)^{-k} \quad (6)$$

Em que:

R_j = receita no ano k ($j= 1, \dots, n$).

t = taxa de juros.

k = ano da receita.

h = horizonte de planejamento.

3.2.4 MÉTODOS DE SOLUÇÃO

A solução do modelo de otimização foi obtida via programação inteira binária, por meio do *software* CPLEX 12.1, com licença adquirida pela Universidade Federal do Espírito Santo.



Silva et al. (2003) mencionam que situações que envolvem variáveis inteiras são comuns no manejo florestal, justificando, portanto, o estudo de métodos de solução de problemas de programação matemática com restrições de singularidade.

3.2.5 ESTIMATIVA DE CUSTO DA RELAÇÃO EMPRESA/COMUNIDADE

Para verificar a viabilidade econômica do modelo de otimização por meio do agrupamento das unidades de trabalho, com geração de lucro médio anual para a comunidade, foram considerados os custos obtidos pelo estudo de Melo et al. (2011), referente ao levantamento de custos de produção e o quadro financeiro do manejo florestal comunitário na Região de Santarém inserido no Projeto Floresta em Pé (FEP). O referido estudo foi desenvolvido no projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio, referente ao plano de manejo da Associação de Produtores Rurais do Santo Antônio (Acroprasa) em 2008, durante a exploração da UPA 3 com 606 ha, sendo extraído nesse caso um volume de 14.754,00 m³ correspondente às 41 espécies.

O estudo de Melo et al. (2011) foi utilizado como norteador das estimativas de custos para área do presente estudo, pelo fato de o projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio ter limites em comum com o projeto de desenvolvimento sustentável PDS Igarapé do Anta, estando assim na mesma região. As características referentes à estrutura da floresta, ao relevo, à hidrografia, entre outros fatores, características essas que afetam a exploração e, conseqüentemente, os seus custos são semelhantes entre os dois projetos.

Nesse sentido, é descrita, na seqüência, a formação dos custos das principais atividades ligadas ao manejo comunitário do PDS Igarapé do Anta da Cooperativa Mista Agroextrativista dos Produtores do Anta (Comapa), considerando uma UPA com 728 ha, com volume de 18.836,98 m³ referente a 55 espécies comerciais. Estimou-se o custo médio de produção em R\$/m³ e R\$/ha das etapas do manejo florestal comunitário no PDS Igarapé do Anta (tabela 4).



Tabela 4 – Estimativas do custo médio de produção (R\$/m³ e R\$/ha) no projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio, Santarém-Pará

Custos	Custo médio de produção		
	Formação de custos	CMP* (R\$/m ³)	CMP (R\$/ha)
Elaboração do contrato e regularização da associação	0,19	4,87	
Construção de estradas	12,55	322,22	
Inventário, parcelas permanentes, elaboração do PMF e sua aprovação	3,02	77,6	
Derrubada	0,87	22,45	
Planejamento e desobstrução das trilhas de arraste	0,36	9,22	
Arraste	11,59	297,56	
Romaneio	6,20	159,12	
Custos fixos	1,34	34,34	
Custo transporte+operações de pátio	41,00	1052,44	
Total dos custos	77,13	1979,81	

Fonte: Melo et al. (2011). Adaptado pelo autor.

Nota: * CMP = custo médio de produção.

A formação dos custos obedeceu a mesma composição levantada pelos autores supracitados. Assim, a tabela de composição de custos do manejo comunitário da comunidade Santo Antônio foi adaptada para este estudo (Anexo C). Desse modo, apresenta-se um resumo das principais atividades que compõem o manejo florestal comunitário na relação empresa Maflops e comunidade representada pela Comapa.

O início das atividades ocorre na relação empresa/comunidade que é iniciada pela elaboração do contrato. A empresa organiza uma série de reuniões, visando informar os parâmetros da relação e a proposta de contrato. O contrato elaborado é registrado em cartório. Após o contrato, é realizada a regularização da associação e a reunião dos documentos dos colonos para elaboração do plano de manejo e aprovação da UPA. Essa fase encerra-se com uma reunião na comunidade.

Ao conhecer a relação dos beneficiários, iniciam-se os trabalhos de inventário na área selecionada. O primeiro passo é a construção de uma estrada de acesso aos lotes, visando facilitar o inventário. É comum que as empresas acordem a abertura de estradas, sendo esse um ponto positivo do manejo para a maioria das comunidades, por passarem a ter acesso permanente para o escoamento de produtos e outras utilidades.

Desse modo, imediatamente começa a construção da estrada principal do assentamento. Na fase de exploração, após o licenciamento do Plano de Manejo e do Plano de Operação



Anual (POA), a empresa realiza uma segunda etapa de construção de estradas: estradas secundárias e pátios de exploração madeireira.

A etapa seguinte é a realização do inventário, instalando-se as parcelas permanentes e fazendo-se todo o levantamento necessário para a elaboração do plano de manejo. O inventário é realizado, em parte, por assentados da comunidade. São abertas picadas, realizando o inventário em coordenadas X e Y, com diâmetro mínimo estabelecido. Em cada UPA, são implantadas três a quatro parcelas permanentes de 0,5 ha (20 x 250 m) para monitoramento da dinâmica.

O inventário é tabulado, permitindo gerar mapas de planejamento. De posse dos dados do inventário e de outras informações necessárias, o passo seguinte é a elaboração do plano de manejo e sua aprovação. Para tanto, é contratado um engenheiro florestal que, além de cuidar do inventário, cuidará também da elaboração e do acompanhamento administrativo do plano de manejo. Deve-se ressaltar também que as taxas de licenciamento são elementos de custo no processo de aprovação do plano de manejo.

A operação de abate é a próxima etapa do manejo. A empresa conta com operadores de motosserras e contrata outros operadores em função do volume da atividade.

Por conseguinte, a próxima etapa consiste no planejamento e na desobstrução das trilhas de arraste. Esse planejamento é realizado por uma equipe que utiliza fitas plásticas para identificação dos ramais: principal (cor branca), início do secundário (cor azul e branca) e final do secundário (cor vermelha). A equipe efetua a desobstrução das trilhas de arraste, com um dos ajudantes trabalhando com motosserra.

A etapa seguinte é o arraste das toras para os pátios, realizado com tratores do tipo *skidder*, apoiados no pátio por carregadeiras. A disponibilidade das máquinas é geralmente por meio de contrato com a empresa compradora da madeira. O combustível e a manutenção são de responsabilidade da empresa que opera a exploração.

O romaneio é realizado nos pátios, em paralelo com o arraste. A operação de romaneio inclui o traçamento das toras nas dimensões solicitadas pela empresa compradora, sua classificação (toras separadas para aproveitamento), a sua cubagem, a sua identificação e o seu empilhamento por espécies. O comprimento ideal das toras varia de 5 m a 6,5 m, podendo, quando solicitado pela empresa em função dos caminhões de transporte, variar de 3,5 m a 8 m.

Após o romaneio, é feita a baldeação até o pátio central. Então, considerando a madeira sendo vendida em Santarém, deve ser acrescentado o custo de transporte da



madeira entre os pátios até a empresa compradora, mais operações de pátios, como, por exemplo, empilhamento, carregamento e descarregamento.

Além disso, considerando a relação comercial empresa e comunidade, deve ser acrescentado aos custos o preço pago pela empresa para a comunidade da comercialização da madeira em pé. No caso do projeto de assentamento PDS Igarapé do Anta, foi de um lucro de R\$ 710.394,55 referente a uma UPA de 728 ha.

É necessário também considerar os custos fixos que, nesse caso, estão relacionados à manutenção do escritório da empresa, na residência do empresário em área próxima ao assentamento. Os custos com pessoal (equipes de exploração e engenheiros), os custos com máquinas, as taxas e os impostos foram incluídos nos custos variáveis.

Para avaliar a viabilidade econômica do modelo, foi necessário obter o preço médio da madeira em tora (forma de comercialização da empresa Maflops com a empresa compradora). Dessa forma, o preço da madeira baseou-se na tabela do Instituto de Desenvolvimento Florestal do Pará (Ideflor) e Santana et al. (2010), foi atualizado conforme preço de mercado local no ano de 2014 na região do presente estudo. Assim, a receita foi calculada pela equação 7, sendo este valor descapitalizado conforme a equação 6.

$$R = V \times Pmt \quad (7)$$

em que:

V = volume, em m^3 ;

Pmt = preço médio da madeira em tora.

De posse da composição de custos e receita estimados para o plano de manejo da comunidade, foi analisada a viabilidade do modelo de otimização em cada horizonte de planejamento utilizando o Valor Presente Líquido (VPL) e entre os horizontes de planejamento utilizando o Valor Anual Equivalente (VAE).

Tendo em vista a necessidade de conhecer a viabilidade econômica em cada horizonte de planejamento, utilizou-se VPL como indicador econômico. Para realizar a análise entre horizontes de planejamento, utilizou-se o VAE, tendo em vista que são horizontes de planejamento diferentes, Silva et al. (2002) relata que nessa situação o VAE é indicado pois calcula a parcela periódica e constante necessária para a quitação de um valor igual ao VPL ao longo do horizonte de planejamento. As equações 8 e 9 são as seguintes:



$$VPL = \sum_{h=0}^n Rh(1+t)^{-h} - \sum_{j=0}^h Ch(1+t)^{-h} \quad (8)$$

$$AE = \frac{VPL * i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (9)$$

Em que:

n = horizonte de planejamento do projeto (anos).

t = taxa anual de desconto.

h = horizonte de planejamento considerado.

C_h = custos no final do ano h .

R_h = receitas no final do ano h .

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 REGULAÇÃO DA RENDA FLORESTAL

A formulação do modelo de planejamento para os cenários propostos de 3, 5 e 10 anos resultou em modelos com 522, 870 e 1.740 variáveis de decisão e 1.566, 4.350 e 17.400 restrições para os respectivos horizontes de planejamento.

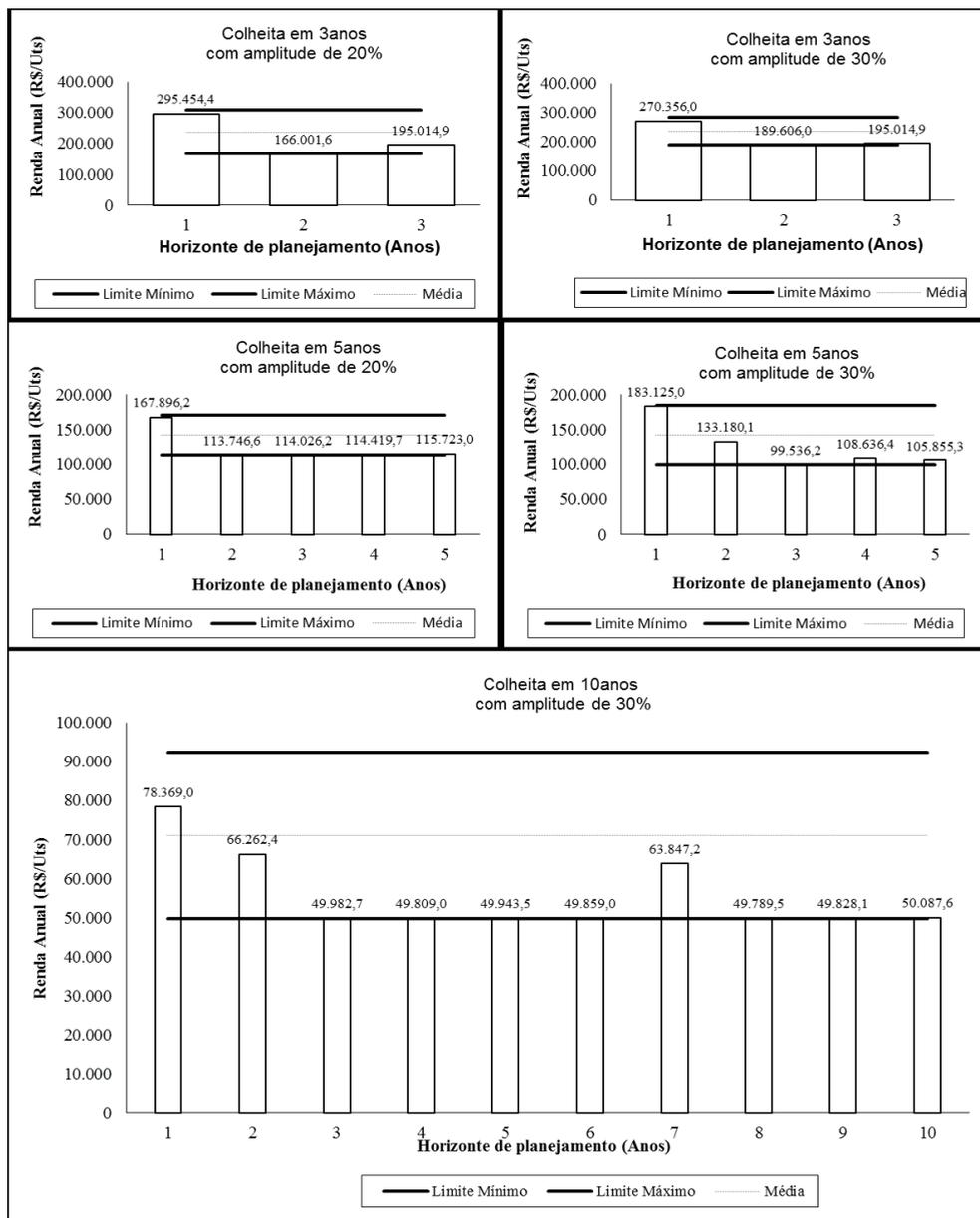
A variação da produção média anual da renda, de acordo com os cenários proposto, são representados na figura 6. Para a variação de renda para 10%, não houve solução viável com variável inteira e, para o horizonte de planejamento de 10 anos, a solução viável somente foi possível com uma variação de 30% na renda média anual.

As variações de renda média satisfazem a demanda de produção imposta nos diferentes cenários. O cenário com horizonte de planejamento de cinco anos foi o que teve menor variação possível ao longo dos anos de horizonte de planejamento.

Observa-se que, de modo geral, a renda, no primeiro ano do horizonte de planejamento, apresenta valores superiores em relação aos anos subsequentes, fato que pode ser explicado pela variação de renda nas unidades de trabalho, o que pode ser reflexo da heterogeneidade das florestas inequiâneas, em que uma única unidade de trabalho pode ser composta de espécies com volume e valor comercial elevado.



Figura 6 – Renda da produção anual média com variação de $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$ nos horizontes de planejamento de 3, 5 e 10 anos, na área do PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará



Fonte: elaboração do autor.



Ao se avaliar o horizonte de planejamento de três anos, a amplitude de variação de $\pm 20\%$, tendo como limite mínimo de R\$ 189.438,54 e limite máximo de R\$ 284.157,82, foi aquela que apresentou menor variação de renda ao longo do horizonte de planejamento, com rendas de R\$ 270.356,00, R\$ 189.606,00, R\$ 195.014,90 para os anos de colheita de 1, 2 e 3, respectivamente, sendo a taxa de variação média da renda de um ano em relação a outro foi de 23% (tabela 5).

Ao se comparar o horizonte de planejamento de cinco anos, a amplitude de variação de $\pm 20\%$, tendo limite mínimo de R\$ 113.663,12 e limite máximo R\$ 170.494,69, foi a horizonte que apresentou melhor estabilidade de renda ao longo dos anos de colheita, possuindo a menor taxa de variação média com 12%. Observa-se que esse horizonte de planejamento, apesar de possuir maior variação do ano 1 em relação ao ano 2 (48%); a partir do segundo ano, a variação de renda foi mínima, refletindo a estabilidade da renda no horizonte proposto.

O impacto da variação dessas rendas, dentro dos limites estabelecidos, é passível de avaliação, pois a proposta do modelo é regular a renda anualmente dentro de determinado limite.

Tabela 5 – Variação de renda regulada ano a ano, nos horizontes de planejamento de 3, 5 e 10 anos, na área do PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará, com variação de $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$

Anos	Colheita com três anos desvio de renda de 20%		Colheita com três anos desvio de renda de 30%	
	Lucro (R\$)	Razão (%)	Lucro (R\$)	Razão (%)
1	270356	–	295454,4	–
2	189606	3	166001,6	78
3	195014,9	3	195014,9	17
Média	–	23	–	48
Anos	Colheita com cinco anos desvio de renda de 20%		Colheita com cinco anos desvio de renda de 30%	
	Lucro (R\$)	Razão (%)	Lucro (R\$)	Razão (%)
1	167.896,2	–	183.125	–
2	113.746,6	48	133.180,1	38
3	114.026,2	0	99.536,2	34
4	114.419,7	0	108.636,4	9
5	115.723	1	105.855,3	3
Média	–	12	–	21

Fonte: elaboração do autor.



O modelo proposto atendeu ao objetivo global de minimizar a distância entre unidades de trabalho cortada no ano i em relação à unidade de trabalho de referência, visando reunir as unidades de trabalho para gerar uma renda média anual em cada ano do horizonte de planejamento, promovendo a formação de novas unidades a ser explorada.

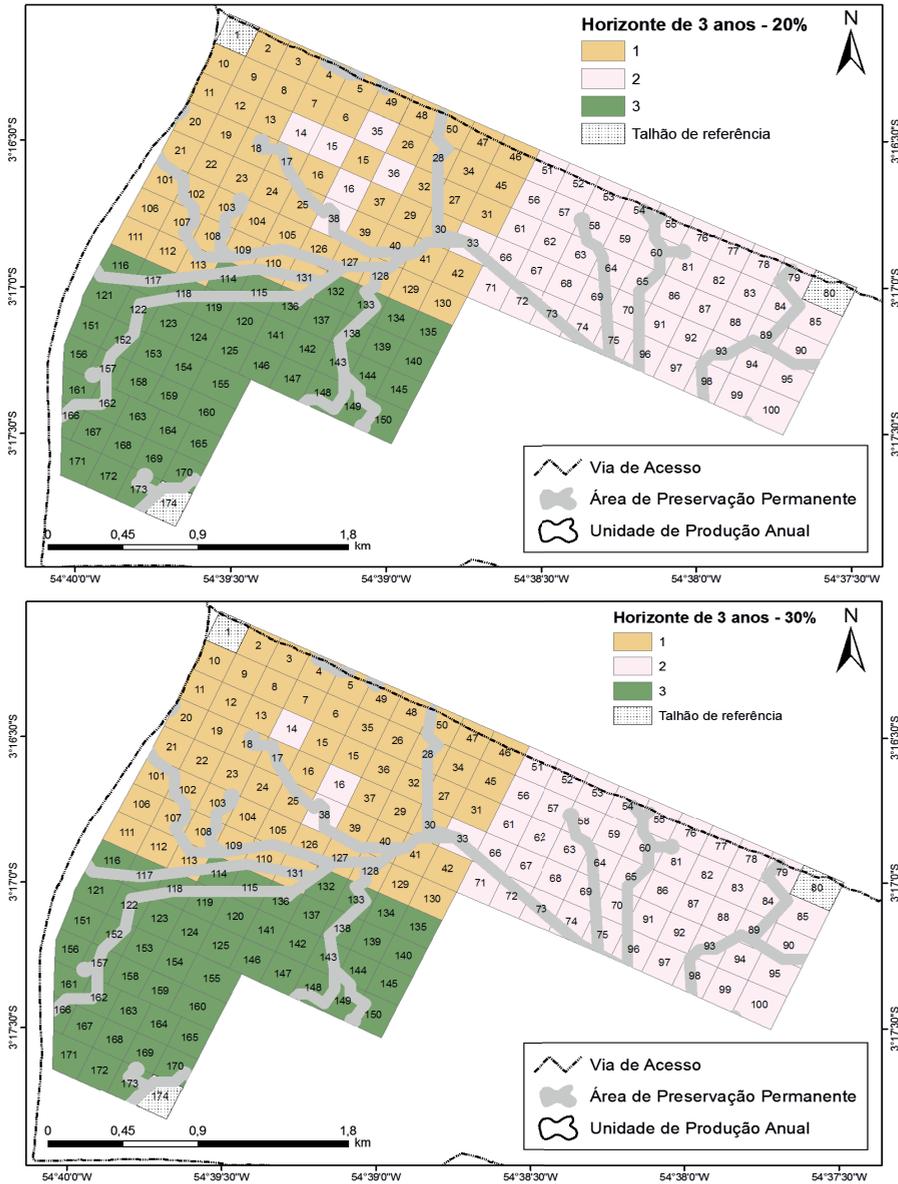
Dessa forma, o modelo de otimização por meio de programação inteira foi útil para o planejamento da exploração florestal no PDS Igarapé do Anta, indicando as áreas de manejo que devem ser cortadas em cada ano do horizonte de planejamento, tornando-se ferramenta importante para o tomador de decisão (figura 7, 8 e 9).

Assim, o ganho principal para os pequenos produtores rurais e para a comunidade é a garantia de uma renda semelhante em torno de um limite de renda anual, minimizando renda distorcida ou inexistente em determinados anos, possibilitando melhor gestão de recursos econômicos oriundos do plano de manejo comunitário.

Amaral e Amaral Neto (2005) reportam-se a respeito de fatores que influenciam no desempenho do manejo florestal comunitário, sendo um desses fatores os aspectos relacionados à capacidade de organização social com ênfase na gestão dos recursos, que demandam decisões e atitudes das comunidades e das suas lideranças.



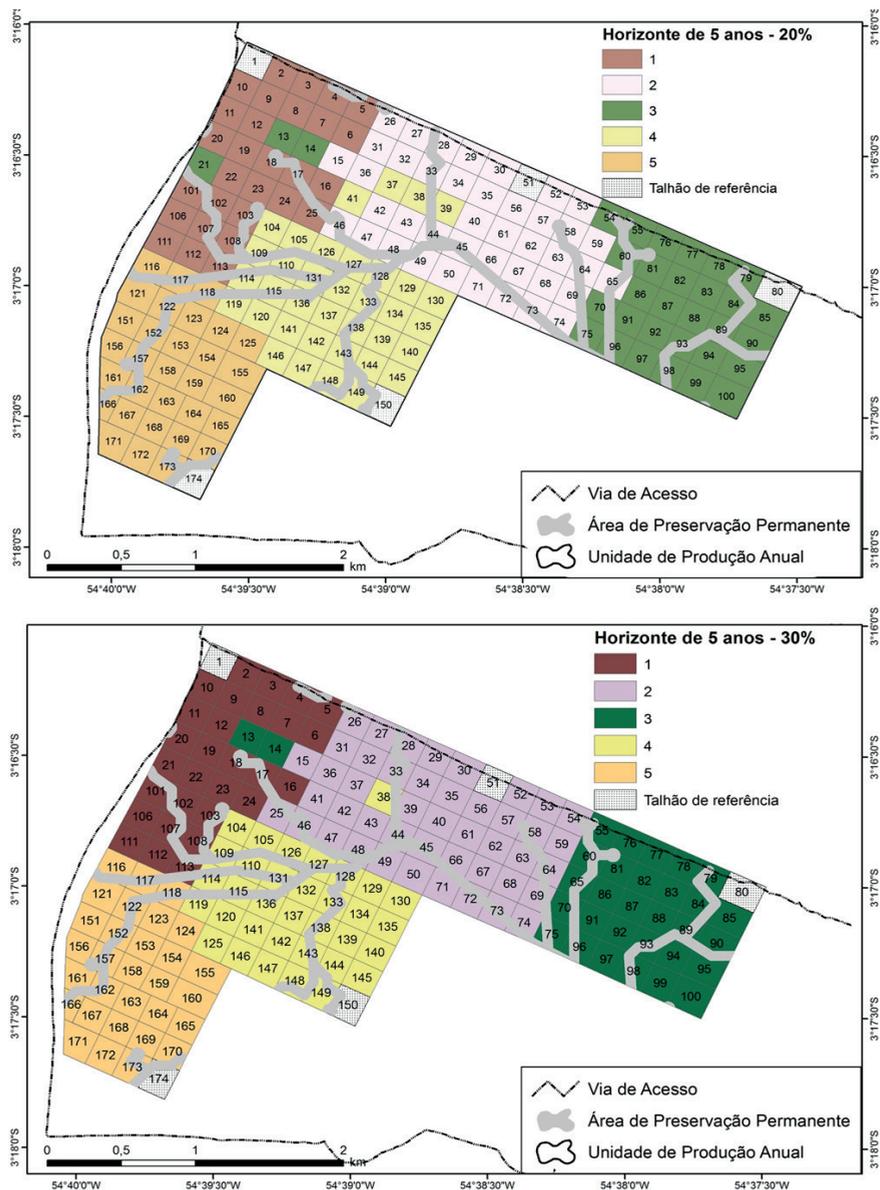
Figura 7 – Planejamento de novas áreas a serem exploradas, considerando o horizonte de planejamento de três anos, com variação da produção anual média de $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$, na área do PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará



Fonte: elaboração do autor.



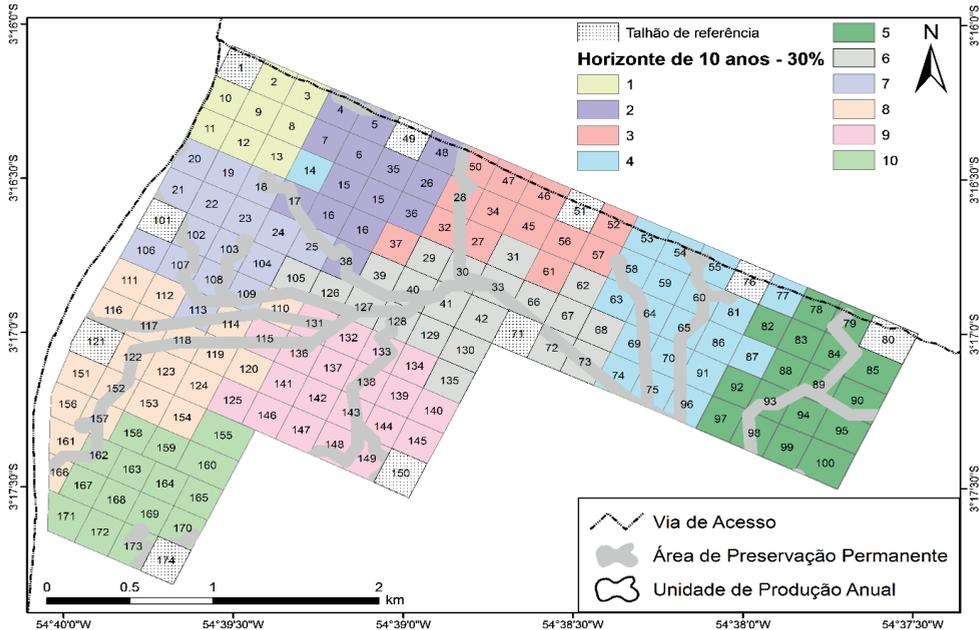
Figura 8 – Planejamento de novas áreas a serem exploradas, considerando o horizonte de planejamento de cinco anos, com variação da produção anual média de $\pm 20\%$ e $\pm 30\%$, na área do PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará



Fonte: elaboração do autor.



Figura 9 – Planejamento de novas áreas a ser explorada, considerando o horizonte de planejamento de 10 anos, com variação da produção anual média de $\pm 30\%$, na área do PDS Igarapé do Anta, Santarém, Pará



Fonte: elaboração do autor.

O modelo proposto resultou no atendimento do objetivo global de agrupamento das unidades de trabalho e, também, no isolamento de algumas unidades de trabalho. Isso está relacionado ao coeficiente de renda dessas unidades de trabalho, exercendo forte influência nesse modelo, pois, apesar da função objetivo, ele está minimizando a distância em relação ao talhão de referência; a renda elevada dessa unidade de trabalho está forçando que essa seja cortada no ano subsequente (figura 4 do capítulo 1).

Por exemplo, ao se avaliar o horizonte de planejamento de três anos, com variação de produção média de $\pm 20\%$, observou-se que as unidades de trabalho 14, 15, 31, 37, 41 e 46 com rendas de R\$ 16.268,83; 8.941,55; 5.659,28; 6.756,10 e 7.254,02 respectivamente. Apesar de apresentarem-se mais próximas da unidade de trabalho de referência 1, estão selecionadas para corte somente no ano 2.



3.3.2 VIABILIDADE ECONÔMICA DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO

Para avaliar o modelo de otimização quanto à viabilidade econômica, levando em consideração o levantamento de custo realizado por Melo et al. (2011), na comunidade Santo Antônio, foram estimados os custos médios de produção em R\$/m³ e R\$/ha para o plano de manejo florestal comunitário no PDS Igarapé do Anta, considerando a UPA com 728 ha e volumetria de 18.836,98 m³. Considerando essa UPA sendo explorada no ano 0 (período atual), a renda líquida foi de R\$ 887.769,70.

Os custos descontados foram: elaboração do contrato e regularização da associação (R\$ 3.545,00); construção de estradas (R\$ 234.573,00); inventário, parcelas permanentes, PMF e sua aprovação (R\$ 56.494,80); derrubada (R\$ 16.344,00); planejamento e desobstrução das trilhas de arraste (R\$ 6.711,00); arraste (R\$ 216.622,00); romaneio (R\$ 115.840,00); custos fixos (R\$ 25.000,00); custo transporte+operações de pátio (R\$ 766.173,92); e custos com comercialização da madeira em pé com a comunidade R\$ 710.394,50 (tabela 6).

Tabela 6 – Estimativas do custo médio de produção (R\$/m³ e R\$/ha) no PDS Igarapé do Anta, Santarém-Pará

Custos	Custo médio de produção		
	CMP (R\$/m ³)	CMP (R\$/ha)	CMT (R\$/m ³)
Formação de custos			
Elaboração do contrato e regularização da associação	0,19	4,87	3.545,00
Construção de estradas	12,55	322,22	234.573,00
Inventário, parcelas permanentes, PMF e sua aprovação	3,02	77,6	56.494,80
Derrubada	0,87	22,45	16.344,00
Planejamento e desobstrução das trilhas de arraste	0,36	9,22	6.711,00
Arraste	11,59	297,56	216.622,00
Romaneio	6,20	159,12	115.840,00
Custos fixos	1,34	34,34	25.000,00
Custo transporte+operações de pátio	41,00	1052,44	766.173,92
Custos com comercialização da madeira em pé	–	–	710.394,5
Total dos custos	77,13	1979,81	2.151.698
Receita	Pmt (R\$)		RMT
	(162,65)		(R\$)
Receita bruta			3.039.467
Receita líquida			887.769,7

Fonte: Melo et al. (2011). Adaptado pelo autor.



Obs. CMP = custo médio de produção; CMT = custo médio total, Pmt = preço médio da madeira em tora; RMT = receita média total.

De posse da estimativa dos custos médios de produção por R\$/m³, considerando os horizontes de planejamento de três anos, cinco anos e 10 anos de organização da colheita proposto pelo modelo de otimização, foram estimados os custos e as receitas, considerando os horizontes propostos, com seus respectivos volumes em cada ano desse horizonte de planejamento (figura 10).

Assim, a viabilidade econômica do modelo de otimização foi avaliada pelo valor presente líquido (VPL), sendo que os valores positivos indicam que o projeto é economicamente viável à taxa de juros considerada. Aceita-se o investimento com VPL positivo e rejeita-se com VPL negativo (SILVA et al., 2002). O horizonte de planejamento de três e cinco anos foi economicamente viável.

A proposta de horizonte de planejamento menores, por exemplo de três e cinco anos, apesar que não corresponder ao número de ciclos de corte do plano de manejo florestal, foi alternativa viável, pois o produtor e a empresa terão lucros em todos esses períodos, podendo planejar a formação de novas áreas de produção anual para manter a produção florestal sustentável.

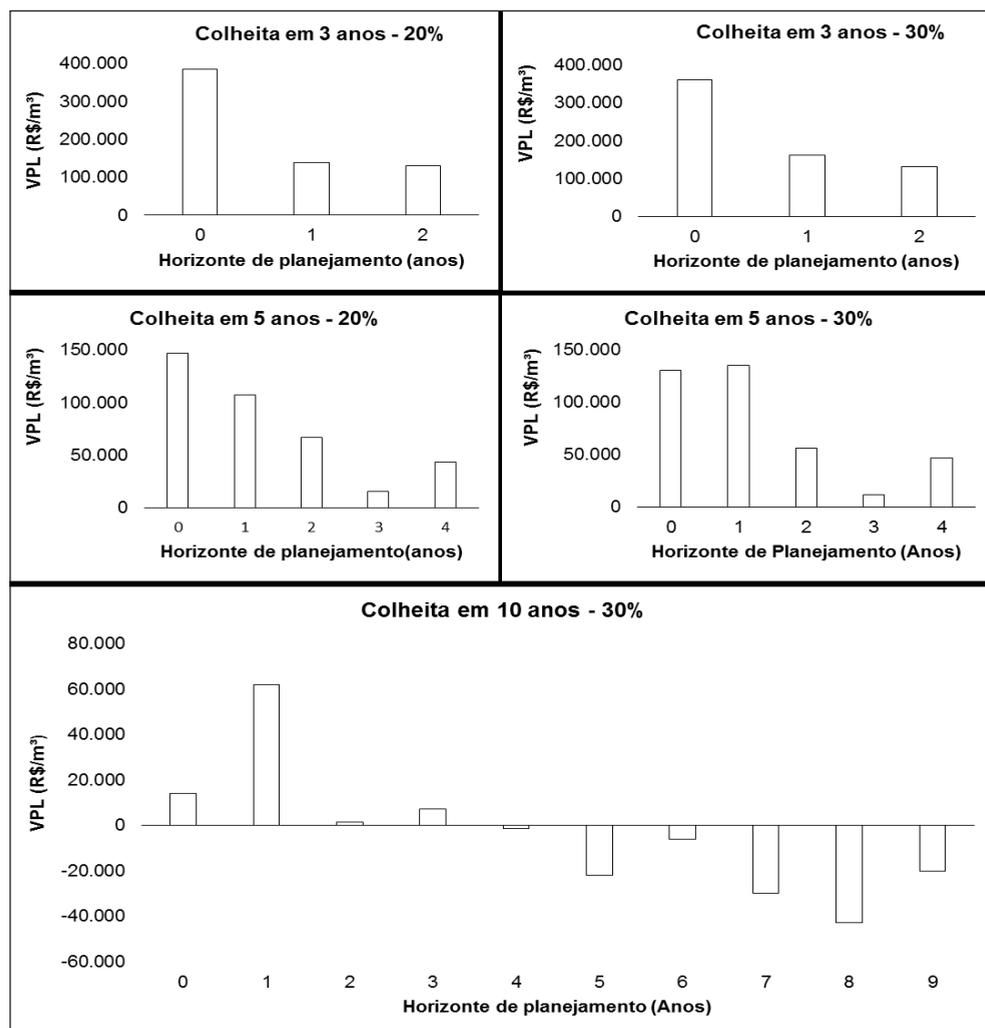
Além disso, ao avaliar para o horizonte de 10 anos, o projeto mostrou-se economicamente inviável, pois, a partir do quinto ano, o VPL torna-se negativo, indicando que os custos superam as receitas, mesmo que ocorra a exploração de 30 m³/ha durante 10 anos (não permitido em lei), a exploração torna-se inviável para área sob manejo do PDS Igarapé do Anta, em virtude do tamanho da UPA.

A viabilidade do manejo em diferentes condições, a taxa de extração e os tratamentos silviculturais que serão utilizados são de grande importância, assim, deve-se efetuar uma estimativa detalhada dos custos, porém as avaliações econômicas do manejo de florestas nativas, muitas vezes, valem-se de empresas que terceirizam suas principais atividades, mascarando a estrutura de custos das atividades, visto que muitas dessas não possuem um controle detalhado do levantamento de custos e receitas (BRAZ, 2010).

Para uma análise mais precisa da estrutura de custos do PDS Igarapé do Anta, é necessária uma descrição detalhada desses custos, visto que os custos levantados neste trabalho foram provenientes de áreas vizinhas, mas com a mesma estrutura de custos.



Figura 10 – Valor presente líquido (VPL) para o horizonte de planejamento de 3, 5 e 10 anos, com variação de renda 20% e 30% no PDS Igarapé do Anta, Santarém-Pará



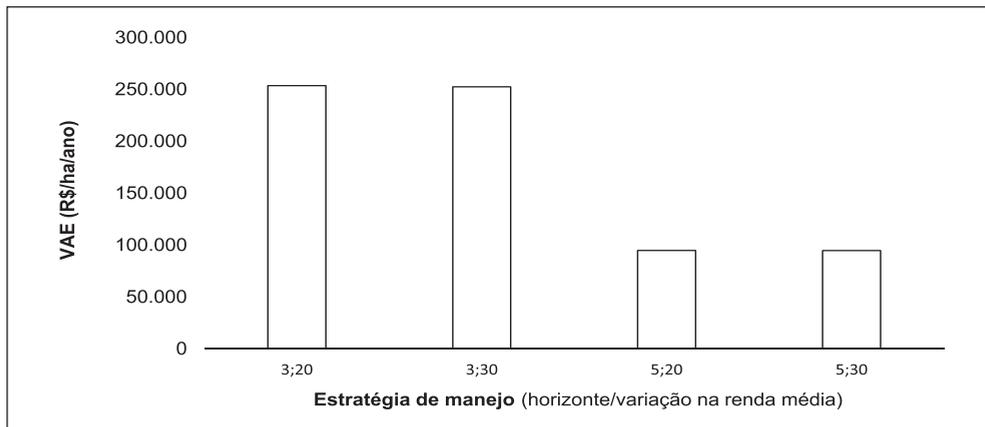
Fonte: elaboração do autor.

Para determinar o melhor horizonte de planejamento que apresentou VPL positivo, ou seja, o horizonte de planejamento de três e cinco anos, foi utilizado o valor anual equivalente (VAE), em que o horizonte de planejamento de três anos obteve maior lucro de 253.745,24 R\$/ano. Já, para horizonte de planejamento de cinco anos, o valor anual equivalente permitiu um lucro de 94.837,70 R\$/ano (figura 11).



Dessa forma, o horizonte de três anos foi o melhor horizonte de planejamento, pois apresentou o maior valor médio anual, permitindo maior lucro para a empresa, tornando o horizonte de planejamento de três anos alternativa de geração de renda para a comunidade, visto que não inviabiliza o lucro da empresa.

Figura 11 – Valor anual equivalente (VAE) para o horizonte de planejamento de três, cinco, com variação de renda 20% e 30% no PDS Igarapé do Anta, Santarém-Pará



Fonte: elaboração do autor.

Considerando a intensidade de exploração de $30\text{m}^3/\text{ha}$, adotada no projeto de assentamento do PDS Igarapé do Anta, é necessário que seja respeitado um ciclo de corte mínimo 25 anos e máximo 35 anos.

Tendo em vista que o horizonte de planejamento de três anos foi a melhor alternativa a ser adotada, para se estabelecer um ciclo de corte de 35 anos, seria necessária uma área de 8.493,33 ha, sabendo que a empresa mantém um acordo com a comunidade de apenas 3.500 ha, seria necessária a negociação de mais 4.993,33 ha para que houvesse garantia do ciclo. Dessa forma, considerando a área total de manejo da comunidade disponível é de 9.756,74 ha, os princípios do manejo florestal sustentável com geração de renda anual média seria atendido.

3.3.3 CONCLUSÃO

A dinâmica de colheita proposta proporciona o agrupamento das unidades de trabalho, promovendo uma renda média anual para o produtor ao longo do horizonte de planejamento, mantendo uma boa relação empresa/comunidade. A melhor estratégia é um horizonte de planejamento de três anos, pois promoveu o maior lucro para ambos.



CONCLUSÕES GERAIS

A metodologia empregada mostrou-se útil para estratificar as áreas, permitindo identificar três classes de produção volumétrica e renda, sendo que a subdivisão da área em unidades de manejo menores e a estratificação utilizando a análise de agrupamento podem ser utilizadas para estratificação eficiente da área de manejo em classes de produção.

A dinâmica de colheita proposta proporciona o agrupamento das unidades de trabalho, promovendo uma renda média anual para o produtor ao longo do horizonte de planejamento, mantendo uma boa relação empresa/comunidade. A melhor estratégia é um horizonte de planejamento de três anos, pois promoveu o maior lucro para ambos.



REFERÊNCIAS

AMARAL, P.; AMARAL NETO, M. *Manejo florestal comunitário: processos e aprendizagens na Amazônia brasileira e na América Latina*. Belém: IEB: Imazon, 2005. 84 p.

BARROS, P. L. C.; SILVA JÚNIOR, A. T. Equação de volume para equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapu, Oeste do Estado do Pará, Amazônia Oriental. *Revista Ciências Agrárias*, Belém, PA, n. 51, p.115-126, jan./jun. 2009.

BETTINGER, P.; BOSTON, K.; SIRY, L. P.; GREBNER, R. L. *Forest Management and Planning*. London: Elsevier, 2009. 311p.

BINOTI, D. H. B. *Estratégias de regulação de florestas equiâneas com vistas ao manejo da paisagem*. Viçosa, MG: UFV, 2010. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

_____. *Decreto nº 6.874, de 5 de junho de 2009b*. Institui, no âmbito dos Ministérios do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Agrário, o Programa Federal de Manejo Florestal Comunitário e Familiar – PMCF, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6874.htm. Acesso em 03 de Agosto de 2014.

_____. *Instrução normativa nº 4, de 11 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre a Autorização Prévia à Análise Técnica de Plano de Manejo Florestal Sustentável – APAT, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id4866.htm>. Acesso em: 19 jun. 2014.

_____. *Instrução normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFSs) nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências. Disponível em: http://www.sbs.org.br/normas_florestais_2edicao.pdf. Acesso em: 3 abr. 2014.

_____. *Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006*. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para produção sustentável, institui o Serviço Florestal Brasileiro e cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 20 maio 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11284.htm. Acesso em: 10 dez. 2013.



_____. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 20 jan. 2014.

_____. *Norma de execução nº 1, de 24 abril de 2007*. Institui, no âmbito desta Autarquia, as Diretrizes Técnicas para Elaboração dos Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFS de que trata o art. 19 da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.lex.com.br/doc_1123291_NORMA_DE_EXECUCAO_N_1_DE_24_DE_ABRIL_DE_2007.aspx>. Acesso em: 5 fev. 2013.

_____. *Resolução nº 406, de 2 de fevereiro de 2009*. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável- PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=597>>. Acesso em: 1 abr. 2014.

BRAZ, E. M. *Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia*. Santa Maria, UFSM: 2010. 237 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

BRAZ, E. M.; CARNIERI, C.; ARCE, J. E. Um modelo otimizador para organização dos compartimentos de exploração em floresta tropical. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 77-83, jan/fev, 2004.

_____. Um modelo otimizador para organização dos compartimentos de exploração em floresta tropical. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 77-83, 2004.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e repostas*. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013.

CASTRO, R. R. *Regulação de florestas equiâneas incluindo restrições de adjacência*. Viçosa, MG: UFV, 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

CRUZ, H.; SABLAYROLLES, P.; KANASHIRO, M.; AMARAL, M.; SISTET, P. (Org.). *Relação empresa/comunidade no contexto do manejo florestal comunitário e familiar: uma contribuição do projeto Floresta em Pé*. Belém, PA: Ibama/DBFLO, 318 p. 2011.



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

EMBRAPA. *Área de influência da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém) – ZEE BR163*. Santarém, PA. EMBRAPA, 2014. Disponível em: <<http://seebr163.cpatu.embrapa.br/index.php>>. Acesso em: 6 dez. 2014.

ESRI. *ArcGIS – ArcMap 10.1. (software)*. Redlands: ESRI, 2014.

FERNANDES, A. P.; GUIMARÃES, P. P.; BRAZ, E. M.; HOELFLICH, V. A.; ARCE, J. E. Alternativas de planejamento para a exploração florestal. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 339 – 350, jul./set. 2013.

FREDDI, O. S.; FERRAUDO, A. S.; FREDERICO, C. J. Análise multivariada na compactação de um latossolo vermelho cultivado com milho. *Revista Ciências do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 953-961, 2008.

IMAZON. *A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados*. Belém, PA: Serviço Florestal Brasileiro (SFB) 2010. 32 p.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do Reflorestamento. *Revista do BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

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

LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, W. C.; GUEDES, M. C.; OLIVEIRA, C. P.; SILVA, D. A. S.; BATISTA, A. P. B. Volumetria e classificação da capacidade produtiva para *Mora paraensis* (Ducke) no estuário amapaense. *Revista Scientia Forestalis*, Piracicaba: v. 42, n. 101, p. 141-154, mar. 2014.

MARTINHAGO, A. Z. *Otimização para a locação de pátios de estocagem para exploração de impacto reduzido na Amazônia Brasileira*. Lavras, MG: UFLA, 2012. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

MEDEIROS, R. M. *Estratificação volumétrica e crescimento em uma floresta ombrófila densa, município de Almerim, Estado do Pará*. Viçosa, MG: UFV, 2008, 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.



MELO, M. S.; SABLAYROLLES, P.; ALMEIDA, E. C.; DANTAS, J. B. (Org.). Os custos de produção e o quadro financeiro do manejo florestal em Florestas comunitárias da região de Santarém. Belém, PA. In: CRUZ, H.; SABLAYROLLES, P.; KANASHIRO, M.; AMARAL, M.; SIST, P. (Org.). *Relação empresa/comunidade no contexto do manejo florestal comunitário e familiar: uma contribuição do projeto Floresta em Pé*. Ibama/DBFLO, p.171-205, 2011.

MONTE, M. A. *Inclusão de critérios sociais na modelagem matemática no planejamento florestal*. Viçosa, MG: UFV, 2012. 86 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

MORISSETTE, L.; CHARTIER, S. The k-means clustering technique: general considerations and implementation in Mathematica. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, Washington, USA, v. 9, n. 1, p. 15-24, 25 abr. 2013.

NETO, M. A.; CARNEIRO, M. S.; MIRANDA, K. F. (Org.). *Análise de acordos entre empresas e comunidades para a exploração de madeira em assentamentos rurais na região da BR 163 e entorno, no Estado do Pará*. Belém, PA: Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB), 2011. 96 p.

PIASSI, L. C. *Métodos de regulação florestal no planejamento da produção de madeira*. Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

PINTO, A.; AMARAL, P.; AMARAL, M. *Iniciativas de manejo florestal comunitário e familiar na Amazônia brasileira 2009/2010*. Belém, PA: Imazon; IEB / Brasília, DF: GIZ; SFB, 86 p. 2011.

RODE, R.; LEITE, H. G.; SILVA, M. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; BINOTI, D. H. B. The economics and optimal management regimes of eucalyptus plantations: A case study of forestry outgrower schemes in Brazil. *Forest Policy and Economics*, Amsterdam, Holanda, v. 44, p. 26-33, 2014.

SANTANA, A. C. (Coord.). SANTOS, M. A. S.; OLIVEIRA, C. M. Preço da madeira em pé, valor econômico e mercado de madeira nos contratos de transição do estado do Pará. *Relatório de Pesquisa*. Belém – PA, 2010.

_____. Preço da madeira em pé, valor econômico e mercado de madeira nos contratos de transição do estado do Pará. *Relatório de Pesquisa*. Ideflor, Belém – PA, 2010.



SANTOS, A. L. *Uso da programação linear na identificação de estratégias ótimas de regulação florestal considerando mix de consume*. Paraná: UFPR, 2012. 90 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.

SANTOS, J. H. S. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SOUZA, A. L.; SANTOS, E. S.; MEUNIER, I. M. J. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por de técnicas multivariadas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SANTOS, R. B. N.; SANTANA, A. C. Comportamento recente do setor florestal madeireiro no estado do Pará, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 533 – 543, 2009.

SFB. *Florestas do Brasil em resumo – 2013: dados de 2007-2012*. Brasília: SFB, 188 p. 2013.

_____. *Florestas do Brasil em resumo 2010: dados de 2005-2010*. Brasília, DF: SBF, 156 p. 2010.

SILVA, G. F. *Problemas no uso de programação matemática e simulação em regulação florestal*. Viçosa, MG: UFV, 2001. 100 f. Teses (Doutorado em Ciências Florestais)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SILVA, G. F.; GHISOLFI, E. M.; TEIXEIRA, A. F.; CABRINI, A. M.; BARROS JUNIOR, A. A. O método das restrições na solução de um problema de planejamento florestal multiobjetivo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, p.41-48, out./dez., 2006.

SILVA, G. F.; LEITE, H. G. SILVA, M. L.; RODRIGUES, F. L.; SANTOS, H. N. Problemas com o uso de programação linear com posterior arredondamento da solução ótima, em regulação florestal. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 677-688, 2003.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. *Floresta nativas: estrutura, dinâmica e manejo*. 1. ed. Viçosa: UFV, 2013.

SOUZA, A. L.; SOUZA, D. R. Análise multivariada para estratificação volumétrica de uma floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia oriental. *Revista Árvore*, Viçosa: MG, v. 30, n. 1, p. 49-54, 2006.

SOUZA, D. R. *Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental*. Viçosa, MG: UFV, 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.



ANEXOS

ANEXO A – PREÇO DA MADEIRA EM PÉ OBTIDO COM BASE NA TABELA DO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL DO PARÁ (IDEFLOR) E SANTANA ET AL. (2010), SENDO O PREÇO DA MADEIRA DEFINIDO PELAS SEGUINTE CATEGORIAS DE MADEIRA: C1: MADEIRA ESPECIAL; C2: MADEIRA NOBRE; C3: MADEIRAS VERMELHAS E C4: MADEIRAS BRANCA E MISTA

Nome científico	Nome vulgar	Preço	Categoria
<i>Anacardium spruceanum</i> Benth. ex Engl.	Cajuaçu	16,29	C4
<i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.	Garapa	31,2	C3
<i>Aspidosperma album</i> (Vahl) Benoist ex Pichon	Araracanga	16,29	C4
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara	32,34	C3
<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.	Tatajuba	23,64	C3
<i>Brosimum lactescens</i>	Amapai	17,25	C4
<i>Caraipa grandifolia</i> Mart.	Louro Tamaquaré	16,29	C4
<i>Caraipa</i> sp.	Louro	32,34	C3
<i>Cassia adiantifolia</i> Spruce	Coração de Negro	32,34	C3
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	85,8	C1
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba	32,34	C3
<i>Cordia goeldiana</i> Huber	Freijó	50,82	C2
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari	16,29	C4
<i>Diploptropis</i> Benth.	Sucupira	33,96	C3
<i>Enterolobium</i> Mart.	Orelha de Macaco	16,29	C4
<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	Fava Timbaúba	16,29	C4
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.)	Fava Rosca	16,29	C4
<i>Eperua schomburgkiana</i>	Muirapiranga	32,34	C3
<i>Holopyxidium jarana</i> Huber ex Ducke	Jarana	16,29	C4
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	57,09	C2
<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	Jutai	57,07	C2
<i>Hymenolobium</i> Benth.	Angelim da Mata	36,52	C3

continua...



continuação

Nome científico	Nome vulgar	Preço	Categoria
<i>Hymenobium petraeum</i> Ducke	Angelim Pedra	36,52	C3
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Parapará	16,29	C4
<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Pau Jacaré	16,29	C4
<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) A. Chev	Maparajuba	32,23	C3
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.	Maçaranduba	46,74	C2
<i>Martiodendron ser. Excelsae</i> R.C. Koeppen	Muirapixuna	16,29	C4
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Taub. ex Mez	Itaúba	35	C3
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler) Pierre	Curupixa	16,29	C4
N111	Fava Rabo de Arara	16,29	C4
<i>Ocotea baturitensis</i> Vattimo	Louro Preto	36,13	C3
<i>Ormosia</i> Jacks.	Tento	16,67	C4
<i>Platymiscium</i> Vogel	Macacaúba	16,29	C4
<i>Pouteria bilocularis</i> (H.J.P. Winkl.) Baehni	Goiabão	15,85	C4
<i>Protium puncticulatum</i> J.F. Macbr.	Breu Vermelho	16,29	C4
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i> (DC.)	Fava Timborana	16,29	C4
<i>Qualea dinizii</i> Ducke	Mandioqueira Rosa	15,42	C4
<i>Ruizterania albiflora</i> (Warm.) Marc.-Berti	Mandioqueira	16,29	C4
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupá	16,29	C4
<i>Swartzia</i> Schreb.	Gombeira	16,29	C4
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Nicholson	Ipê	86,54	C1
<i>Tabebuia</i> Gomes ex DC.	Ipê	86,54	C1
<i>Tetragastris altissima</i> (Aubl.) Swart	Breu Manga	16,29	C4
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Mirindiba	16,04	C4
<i>Terminalia dichotoma</i> G. Mey.	Cuiarana	16,04	C4
<i>Trattinnickia rhoifolia</i> Willd.	Breu Sucurúba	16,29	C4
<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fava	48,49	C2
<i>Virola</i> Aubl.	Virola	16,29	C4
<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	Fava Amargosa	48,49	C2
<i>Zollernia paraensis</i> Huber	Pau Santo	32,34	C3



ANEXO B – FORMULAÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA O HORIZONTE DE PLANEJAMENTO DE 10 ANOS E VARIAÇÃO DE RENDA DE 30%

MIN

0X11+200X21+400X31+600X41+805X51+829X61+632X71+447X81+283X91+200X10
 1+400X111+447X121+566X131+721X141+898X151+1002X161+849X171+721X181+
 632X191+600X201+804X211+829X221+900X231+1005X241+1138X251+1227X261+
 1466X271+1425X281+1351X291+1533X301+1659X311+1275X321+1719X331+1623X
 341+1029X351+1085X361+1173X371+1291X381+1455X391+1626X401+1801X411+1
 994X421+1919X431+1867X441+1835X451+1825X461+1610X471+1210X481+1010X
 491+1410X501+2040X511+2241X521+2441X531+2641X541+2849X551+2050X561+
 2250X571+2449X581+2649X591+2855X601+2078X611+2277X621+2474X631+2671
 X641+2875X651+2125X661+2321X671+2514X681+2709X691+2909X701+2194X711
 +2383X721+2572X731+2763X741+2958X751+3057X761+3257X771+3457X781+365
 7X791+3889X801+3062X811+3263X821+3463X831+3663X841+3893X851+3082X8
 61+3282X871+3481X881+3679X891+3907X901+3113X911+3313X921+3509X931+3
 706X941+3931X951+3158X961+3357X971+3551X981+3746X991+3968X1001+1008
 X1011+1029X1021+1087X1031+1177X1041+1293X1051+1209X1061+1225X1071+1
 275X1081+1352X1091+1454X1101+1408X1111+1423X1121+1466X1131+1533X114
 1+1624X1151+1608X1161+1621X1171+1659X1181+1719X1191+1801X1201+1817X
 1211+1827X1221+1861X1231+1914X1241+1987X1251+1430X1261+1580X1271+17
 39X1281+1903X1291+2085X1301+1578X1311+1715X1321+1863X1331+2017X1341
 +2188X1351+1737X1361+1862X1371+1999X1381+2143X1391+2303X1401+1903X1
 411+2018X1421+2145X1431+2279X1441+2428X1451+2081X1461+2189X1471+230
 7X1481+2433X1491+2573X1501+2024X1511+2034X1521+2066X1531+2114X1541+
 2197X1551+2219X1561+2234X1571+2260X1581+2307X1591+2381X1601+2418X16
 11+2441X1621+2472X1631+2518X1641+2580X1651+2614X1661+2640X1671+2669
 X1681+2712X1691+2769X1701+2844X1711+2879X1721+2919X1731+2972X1741+..
+2972X110+2920X210+2881X310+2855X410+2844X510+2644X61
 0+2656X710+2684X810+2725X910+2781X1010+2591X1110+2532X1210+2487X131
 0+2457X1410+2444X1510+2244X1610+2259X1710+2291X1810+2339X1910+2404X
 2010+2215X2110+2144X2210+2089X2310+2054X2410+2036X2510+2666X2610+25
 03X2710+2699X2810+2270X2910+2309X3010+2555X3110+2467X3210+2364X3310
 +2746X3410+2647X3510+2448X3610+2248X3710+2040X3810+2063X3910+2106X4
 010+2166X4110+2248X4210+2439X4310+2625X4410+2812X4510+3002X4610+294
 0X4710+2865X4810+2847X4910+2896X5010+3078X5110+3162X5210+3254X5310+3
 356X5410+3471X5510+2894X5610+2983X5710+3081X5810+3189X5910+3309X6010
 +2712X6110+2808X6210+2912X6310+3025X6410+3151X6510+2533X6610+2636X67
 10+2746X6810+2866X6910+2998X7010+2350X7110+2459X7210+2577X7310+2706X



7410+2845X7510+3594X7610+3720X7710+3853X7810+3990X7910+4156X8010+3436X8110+3569X8210+3707X8310+3850X8410+4021X8510+3285X8610+3423X8710+3567X8810+3715X8910+3891X9010+3138X9110+3284X9210+3432X9310+3586X9410+3769X9510+2993X9610+3145X9710+3299X9810+3458X9910+3645X10010+2031X10110+1951X10210+1890X10310+1849X10410+1829X10510+1855X10610+1765X10710+1697X10810+1652X10910+1629X11010+1684X11110+1583X11210+1506X11310+1455X11410+1429X11510+1521X11610+1405X11710+1319X11810+1259X11910+1229X12010+1361X12110+1228X12210+1128X12310+1059X12410+1023X12510+1832X12610+1858X12710+1905X12810+1971X12910+2060X13010+1632X13110+1662X13210+1714X13310+1787X13410+1883X13510+1433X13610+1467X13710+1526X13810+1607X13910+1711X14010+1234X14110+1273X14210+1341X14310+1432X14410+1547X14510+1028X14610+1073X14710+1152X14810+1255X14910+1383X15010+1208X15110+1063X15210+944X15310+858X15410+811X15510+1076X15610+921X15710+782X15810+673X15910+612X16010+902X16110+728X16210+575X16310+459X16410+414X16510+788X16610+635X16710+452X16810+291X16910+213X17010+605X17110+398X17210+198X17310+0X17410

SUBJECT TO

RESTRIÇÃO DE RENDA MÍNIMA

8815.6X11+7516.1X21+8438.9X31+1230.7X41+3381.8X51+6368.5X61+10736.2X71+9388.2X81+8120.7X91+5540.4X101+8051.7X111+8582X121+13915.4X131+17427.7X141+9509.3X151+5447.5X161+9816.9X171+8497.9X181+7974X191+11428X201+13603.4X211+6647.4X221+7210.6X231+7369X241+2576.8X251+3819.6X261+2981X271+546X281+2897.3X291+1942.1X301+5994.7X311+4959.3X321+282.9X331+2472.6X341+1625.4X351+6646.2X361+9594.4X371+1648.1X381+3051.2X391+2960.8X401+6756.1X411+6764.6X421+3275.6X431+203.7X441+2274.2X451+7254X461+2506.7X471+2201.8X481+1749.4X491+6690.8X501+2711.9X511+1578.8X521+3846.3X531+3129.8X541+2161.2X551+2125.5X561+1482.3X571+1539.9X581+1737X591+1862.2X601+4262.8X611+862.5X621+3154.7X631+2074.7X641+240.4X651+1310.4X661+811.8X671+1722.4X681+1170.6X691+2531.8X701+1530.2X711+2133.7X721+1263.6X731+2572.2X741+2934.8X751+2156.7X761+581.5X771+6318.8X781+1229.4X791+3693.5X801+977.5X811+2931.9X821+2967.7X831+2768.4X841+5984.2X851+3030.9X861+526.8X871+899.5X881+849.1X891+2019.6X901+1060.9X911+2163X921+2917.2X931+3916.7X941+2238.7X951+925.5X961+2459.5X971+5013.3X981+2368.1X991+6697X1001+3040X1011+2191.5X1021+2199.8X1031+5747.1X1041+7983X1051+3398.6X1061+886.5X1071+562.1X1081+4403.6X1091+3929.1X1101+903.1X1111+1447.7X1121+128X1131+3476.8X1141+5219.5X1151+857.4X1161+921X1171+1452.5X1181+3737X1191+7857X1201+3544.3X1211+2031.1X1221+5461.5X1231+5893.8X1241



+12750.4X1251+3676.6X1261+2675.2X1271+633.9X1281+2601.3X1291+3893.7X1301+797.1X1311+2953.1X1321+2512.8X1331+1868.4X1341+2195.8X1351+2334.7X1361+4216.9X1371+1205.1X1381+1036.3X1391+2776.4X1401+1112.2X1411+6431X1421+1329.7X1431+2641.7X1441+3441X1451+1367.8X1461+4601.3X1471+1836.3X1481+4321.4X1491+2107.8X1501+4160.1X1511+3442.4X1521+3192.3X1531+5173.5X1541+11778.5X1551+3257.3X1561+3634.2X1571+4184.6X1581+6120.9X1591+13611.1X1601+2695.6X1611+4933.6X1621+6301.8X1631+7129.9X1641+3817.5X1651+1159X1661+2968.1X1671+3980X1681+4471.9X1691+2160.3X1701+1446.8X1711+4021.6X1721+3436.9X1731+2432.1X1741>=49727.62

.....

4956.2X1110+4321.8X210+4799.8X310+1087.7X410+2222.4X510+3803.3X610+5999.4X710+5278.5X810+4676.8X910+3348.7X1010+4616X1110+4873.8X1210+7609.6X1310+9364X1410+5425.4X1510+3322X1610+5531X1710+4893.5X1810+4562.4X1910+6322.8X2010+7444.5X2110+3952X2210+4262.8X2310+4364.5X2410+1914.4X2510+2378X2610+2014.2X2710+785.2X2810+1929.2X2910+1746.1X3010+3530.1X3110+3009X3210+609.7X3310+1810.5X3410+1354.6X3510+3908X3610+5385.1X3710+1340.9X3810+2057.3X3910+2281.2X4010+3980.7X4110+3944.1X4210+2211.4X4310+337.3X4410+1728.9X4510+4292X4610+1809.1X4710+1590.3X4810+1602.6X4910+4070.7X5010+1782.8X5110+1312.9X5210+2528.7X5310+2097.5X5410+1679.4X5510+1518.8X5610+1211.1X5710+1380.3X5810+1403.9X5910+1757.6X6010+2889.6X6110+879.4X6210+2266X6310+1805.7X6410+367.6X6510+1216.9X6610+1064.8X6710+1357.3X6810+1045X6910+1876.5X7010+1399.1X7110+1578.2X7210+1090.4X7310+1762.3X7410+2205.8X7510+1649.1X7610+892.3X7710+3736.2X7810+1211.3X7910+2485.3X8010+897.3X8110+1983.4X8210+1888X8310+2068.8X8410+3850.3X8510+2189.6X8610+659.6X8710+923.8X8810+794.4X8910+1733.7X9010+1103.4X9110+1664.7X9210+2153.7X9310+2660.5X9410+1627.7X9510+927.7X9610+1671.4X9710+3133X9810+1913.6X9910+4081X10010+2200.4X10110+1561.7X10210+1656.8X10310+3524.5X10410+4655.3X10510+2316.9X10610+899.4X10710+1108.8X10810+2785.6X10910+2581.5X11010+822.9X11110+1451.2X11210+300.1X11310+2331X11410+3273.2X11510+868X11610+1064.2X11710+1476.6X11810+2397.4X11910+4579.2X12010+2532.1X12110+1494.1X12210+3296.6X12310+3442.9X12410+7140.2X12510+2429.4X12610+1941X12710+885.2X12810+1817.1X12910+2921.8X13010+1010.8X13110+1962.5X13210+1992.4X13310+1579.8X13410+2177.7X13510+1784.3X13610+2982.9X13710+1306.7X13810+1081.1X13910+2294.2X14010+1091.5X14110+4159.8X14210+1277.5X14310+1881.2X14410+2367.1X14510+1324.3X14610+3050.6X14710+1703.9X14810+2801.1X14910+1668.8X15010+2621.1X15110+2203.7X15210+1999.5X15310+3092.1X15410+6766.3X15510+2079.6X15610+2256.5X15710+2621.9X15810+3617.1X15910+7623.9X16010+1782.2X16110+3052.7X16210+3733.9X16310+3998.4X16410+2377.



9X16510+774.9X16610+1879.7X16710+2496.4X16810+2656.1X16910+1509.9X17010
+1226.4X17110+2592X17210+2273.3X17310+1661.7X17410>=49727.62

RESTRIÇÃO DE RENDA MÁXIMA

8815.6X11+7516.1X21+8438.9X31+1230.7X41+3381.8X51+6368.5X61+10736.2X71
+9388.2X81+8120.7X91+5540.4X101+8051.7X111+8582X121+13915.4X131+17427.
7X141+9509.3X151+5447.5X161+9816.9X171+8497.9X181+7974X191+11428X201+
13603.4X211+6647.4X221+7210.6X231+7369X241+2576.8X251+3819.6X261+2981X
271+546X281+2897.3X291+1942.1X301+5994.7X311+4959.3X321+282.9X331+2472
.6X341+1625.4X351+6646.2X361+9594.4X371+1648.1X381+3051.2X391+2960.8X40
1+6756.1X411+6764.6X421+3275.6X431+203.7X441+2274.2X451+7254X461+2506.
7X471+2201.8X481+1749.4X491+6690.8X501+2711.9X511+1578.8X521+3846.3X53
1+3129.8X541+2161.2X551+2125.5X561+1482.3X571+1539.9X581+1737X591+1862
.2X601+4262.8X611+862.5X621+3154.7X631+2074.7X641+240.4X651+1310.4X661+
811.8X671+1722.4X681+1170.6X691+2531.8X701+1530.2X711+2133.7X721+1263.6
X731+2572.2X741+2934.8X751+2156.7X761+581.5X771+6318.8X781+1229.4X791+
3693.5X801+977.5X811+2931.9X821+2967.7X831+2768.4X841+5984.2X851+3030.9
X861+526.8X871+899.5X881+849.1X891+2019.6X901+1060.9X911+2163X921+2917
.2X931+3916.7X941+2238.7X951+925.5X961+2459.5X971+5013.3X981+2368.1X991
+6697X1001+3040X1011+2191.5X1021+2199.8X1031+5747.1X1041+7983X1051+33
98.6X1061+886.5X1071+562.1X1081+4403.6X1091+3929.1X1101+903.1X1111+1447
.7X1121+128X1131+3476.8X1141+5219.5X1151+857.4X1161+921X1171+1452.5X11
81+3737X1191+7857X1201+3544.3X1211+2031.1X1221+5461.5X1231+5893.8X1241
+12750.4X1251+3676.6X1261+2675.2X1271+633.9X1281+2601.3X1291+3893.7X130
1+797.1X1311+2953.1X1321+2512.8X1331+1868.4X1341+2195.8X1351+2334.7X136
1+4216.9X1371+1205.1X1381+1036.3X1391+2776.4X1401+1112.2X1411+6431X142
1+1329.7X1431+2641.7X1441+3441X1451+1367.8X1461+4601.3X1471+1836.3X148
1+4321.4X1491+2107.8X1501+4160.1X1511+3442.4X1521+3192.3X1531+5173.5X15
41+11778.5X1551+3257.3X1561+3634.2X1571+4184.6X1581+6120.9X1591+13611.1
X1601+2695.6X1611+4933.6X1621+6301.8X1631+7129.9X1641+3817.5X1651+1159
X1661+2968.1X1671+3980X1681+4471.9X1691+2160.3X1701+1446.8X1711+4021.6
X1721+3436.9X1731+2432.1X1741<=92351.29

.....

4956.2X110+4321.8X210+4799.8X310+1087.7X410+2222.4X510+3803.3X610+5999.4
X710+5278.5X810+4676.8X910+3348.7X1010+4616X1110+4873.8X1210+7609.6X131
0+9364X1410+5425.4X1510+3322X1610+5531X1710+4893.5X1810+4562.4X1910+63
22.8X2010+7444.5X2110+3952X2210+4262.8X2310+4364.5X2410+1914.4X2510+23



78X2610+2014.2X2710+785.2X2810+1929.2X2910+1746.1X3010+3530.1X3110+300
 9X3210+609.7X3310+1810.5X3410+1354.6X3510+3908X3610+5385.1X3710+1340.9
 X3810+2057.3X3910+2281.2X4010+3980.7X4110+3944.1X4210+2211.4X4310+337.3
 X4410+1728.9X4510+4292X4610+1809.1X4710+1590.3X4810+1602.6X4910+4070.7
 X5010+1782.8X5110+1312.9X5210+2528.7X5310+2097.5X5410+1679.4X5510+1518.
 8X5610+1211.1X5710+1380.3X5810+1403.9X5910+1757.6X6010+2889.6X6110+879.
 4X6210+2266X6310+1805.7X6410+367.6X6510+1216.9X6610+1064.8X6710+1357.3
 X6810+1045X6910+1876.5X7010+1399.1X7110+1578.2X7210+1090.4X7310+1762.3
 X7410+2205.8X7510+1649.1X7610+892.3X7710+3736.2X7810+1211.3X7910+2485.3
 X8010+897.3X8110+1983.4X8210+1888X8310+2068.8X8410+3850.3X8510+2189.6X
 8610+659.6X8710+923.8X8810+794.4X8910+1733.7X9010+1103.4X9110+1664.7X92
 10+2153.7X9310+2660.5X9410+1627.7X9510+927.7X9610+1671.4X9710+3133X98
 10+1913.6X9910+4081X10010+2200.4X10110+1561.7X10210+1656.8X10310+3524.
 5X10410+4655.3X10510+2316.9X10610+899.4X10710+1108.8X10810+2785.6X1091
 0+2581.5X11010+822.9X11110+1451.2X11210+300.1X11310+2331X11410+3273.2X
 11510+868X11610+1064.2X11710+1476.6X11810+2397.4X11910+4579.2X12010+25
 32.1X12110+1494.1X12210+3296.6X12310+3442.9X12410+7140.2X12510+2429.4X1
 2610+1941X12710+885.2X12810+1817.1X12910+2921.8X13010+1010.8X13110+1962
 .5X13210+1992.4X13310+1579.8X13410+2177.7X13510+1784.3X13610+2982.9X1371
 0+1306.7X13810+1081.1X13910+2294.2X14010+1091.5X14110+4159.8X14210+1277.
 5X14310+1881.2X14410+2367.1X14510+1324.3X14610+3050.6X14710+1703.9X1481
 0+2801.1X14910+1668.8X15010+2621.1X15110+2203.7X15210+1999.5X15310+3092.
 1X15410+6766.3X15510+2079.6X15610+2256.5X15710+2621.9X15810+3617.1X1591
 0+7623.9X16010+1782.2X16110+3052.7X16210+3733.9X16310+3998.4X16410+2377.
 9X16510+774.9X16610+1879.7X16710+2496.4X16810+2656.1X16910+1509.9X17010
 +1226.4X17110+2592X17210+2273.3X17310+1661.7X17410<=92351.29

RESTRIÇÃO DE ÁREA

$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+X_{16}+X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{110}=1$

$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}+X_{26}+X_{27}+X_{28}+X_{29}+X_{210}=1$

$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}+X_{36}+X_{37}+X_{38}+X_{39}+X_{310}=1$

$X_{41}+X_{42}+X_{43}+X_{44}+X_{45}+X_{46}+X_{47}+X_{48}+X_{49}+X_{410}=1$

$X_{51}+X_{52}+X_{53}+X_{54}+X_{55}+X_{56}+X_{57}+X_{58}+X_{59}+X_{510}=1$

.....



X1691+X1692+X1693+X1694+X1695+X1696+X1697+X1698+X1699+X16910=1

X1701+X1702+X1703+X1704+X1705+X1706+X1707+X1708+X1709+X17010=1

X1711+X1712+X1713+X1714+X1715+X1716+X1717+X1718+X1719+X17110=1

X1721+X1722+X1723+X1724+X1725+X1726+X1727+X1728+X1729+X17210=1

X1731+X1732+X1733+X1734+X1735+X1736+X1737+X1738+X1739+X17310=1

X1741+X1742+X1743+X1744+X1745+X1746+X1747+X1748+X1749+X17410=1

BINARIES

X11

X21

X31

X41

X51

.....

X16610

X16710

X16810

X16910

X17010

X17110

X17210

X17310

X17410

END



ANEXO C – TABELA DE FORMAÇÃO DE CUSTO CONFORME ESTUDO DE MELO ET AL. (2011) ADAPTADO PARA ESTE TRABALHO

Formação dos custos no projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio (Acroprasa)					
Custos	Volume(m ³) 14.754		Área (ha) 606		CT (R\$)
	Uni.	MO/Q	Dias ou Mês	Custo (R\$)	
I) Elaboração do contrato e regularização da associação					
1) Registro do contrato empresa/comunidade, em cartório – cópia autenticada.	(R\$/ano)	1	–	10	10
2) Regularização da associação – cópias autenticadas: CNPJ, alvará de funcionamento, inscrição estadual, inscrição na junta comercial, estatuto.	(R\$/ano)	1	–	200	200
3) Documentos colonos – identidade, CPF, Título de Eleitor, Carta de Anuência do Incra, documento provisório de posse, inscrição na relação de beneficiários do PA (RB Incra), comprovante de pagamento do ITR.	(R\$/ano)	11	–	10	110
4) Ajuda de custo para o presidente da associação no processo de juntar a documentação dos colonos.	(R\$/ano)		40	40	1.600
5) Engenheiro florestal responsável por reuniões para firma a proposta de contrato + Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos colonos, repassando os dados de georreferenciamento para a Sema.	(R\$/dia)	–	5	267	1.335
Subtotal	CMP (R\$/m³)	0,24	CMP (R\$/ha)	5,83	3.535
II) Construção de estradas					
1) Construção de estrada principal 8 km: planejamento de estradas, construção de estradas e pontes, normalmente beneficia várias comunidades.					22.823

continua...



continuação

Formação dos custos no projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio (Acroprasa)					
Custos	Volume(m ³)	14.754	Área (ha)	606	CT (R\$)
	Uní.	MO/Q	Dias ou Mês	Custo (R\$)	
2) Planejamento de estradas e pátios, construção de 10 km de estradas secundárias e 40 pátios, empiçarramento d 4 km (50%) da estrada principal.					83.446
3) Manutenção de 4 km de estrada principal					128.304
Subtotal	CMP (R\$/m ³)	15,9	CMP (R\$/ha)	387,0	234.573
III) Inventário, parcelas permanentes, elaboração do PMF e sua aprovação					
1) Equipe de inventário					
Integrantes de nível 3 – motosserrista (operadores instrutores).	(R\$/dia)	2	30	65	3.900
Integrantes de nível 2 – motosserrista (operadores).	(R\$/dia)	2	30	56	3.360
Integrantes de nível ajudante.	(R\$/dia)	9	30	37	9.990
Digitação do inventário.	(R\$/dia)	1	22	178	3.916
2) Elaboração do plano de manejo.	(R\$/dia)	1	30	267	8.010
3) Taxas de licenciamento pagas para a Sema.	(R\$/dia)	1			27.318,8
Subtotal	CMP (R\$/m ³)	3,83	CMP (R\$/ha)	93,23	56.494,8
IV) Derrubada					
1) Equipe de derrubada (4 equipes com 2 integrantes, normalmente um instrutor + operador).	(R\$/dia/equipe)	–	192	121	23.232
2) Custo de motosserra.					
Motosserra + manutenção.	(R\$/mês)	4	3	160	1.920
Custo de combustível.					
Gasolina.	(R\$/dia)	5	192	3	2.880
Lubrificante + óleo queimado.	(R\$/dia)	1.5	192	8	2.304

continua...



continuação

Formação dos custos no projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio (Acroprasa)					
Custos	VOLUME(m ³)	14.754	Área (ha)	606	CT (R\$)
	Uni.	MO/Q	Dias ou Mês	Custo (R\$)	
3) Engenheiro para acompanhamento das atividades.	(R\$/dia)	1	30	267	8.010
4) Carro em tempo integral.	(R\$/mês)	1	3	1050	3.150
Subtotal	CMP (R\$/m ³)	1,11	CMP (R\$/ha)	26,97	16.344
V) Planejamento e desobstrução das trilhas de arraste					
1) Equipe (1 planejador + 2 ajudantes)	(R\$/dia)	1	38,5	139	5.351,5
2) Motosserra + manutenção.	(R\$/mês)	1	2	160	320
3) Custo de combustível para motosserra					
Gasolina.	(R\$/dia)	5	38,5	3	577,5
Lubrificante + óleo queimado	(R\$/dia)	1,5	38,5	8	462
Subtotal	CMP (R\$/m ³)	0,45	CMP (R\$/ha)	11,07	6.711
VI) Arraste					
1) Máquinas.					
Skidder + manutenção.	(R\$/mês)	2	2	27000	108.000
Custo de combustível do Skidder.	(R\$/dia)	–	88	150	13.200
2) Carregadeira.	(R\$/mês)	2		18000	36.000
Custo de combustível da carregadeira.	(R\$/dia)	–	40	150	6.000
3) Motosserra.	(R\$/mês)	1	4	160	640
Custo de combustível do motosserra.	(R\$/dia)	–	88	27	2.376
4) Carro em tempo integral.	(R\$/mês)	1	2	1050	2.100
Subtotal 1					168.316
5) Recursos humanos.					
6) Operadores de Skidder (diária + adicional).	(R\$/dia)	1	88	248	21.824
7) Operadores de carregadeira.	(R\$/dia)	1	40	178	7.120

continua...



continuação

Formação dos custos no projeto de assentamento PA Moju na comunidade Santo Antônio (Acroprasa)					
Custos	Volume(m ³)		Área (ha)		CT (R\$)
	14.754	606	606	606	
	Uni.	MO/Q	Dias ou Mês	Custo (R\$)	
8) Equipe de apoio (3).	(R\$/dia)	3	88	129	11.352
9) Engenheiro para acompanhamento das atividades.	(R\$/dia)	1	30	267	8.010
Subtotal 2					48.306
Subtotal-arraste	CMP (R\$/m ³)	14,68	CMP (R\$/ha)	357,4	216.622
VII) Romaneio					
Máquinas.					
Carregadeira.	(R\$/mês)	–	4	18000	72.000
Custo de combustível da carregadeira.	(R\$/dia)	–	80	150	12.000
Motosserra.	(R\$/mês)	1	4	160	640
Custo de combustível da motosserra.	(R\$/dia)	–	80	27	2.160
Subtotal					86.800
Recursos humanos.					
Operadores de carregadeira.	(R\$/dia)	1	80	178	14.240
Equipe de apoio (1 anotador, 2 medidores de tora, 2 motosserrista e 1 marreteiro de identificação).	(R\$/dia)	1	40	370	14.800
Subtotal					29.040
Subtotal-arraste	CMP (R\$/m ³)	7,85	CMP (R\$/ha)	191,1	115.840
IX) Custos fixos					
Refere-se aos custos administrativos, principalmente relacionados à manutenção de escritório da empresa, que são constituídos de serviços de escritórios e comunicação, manutenção de equipamentos depreciação do material de informática.	(R\$/ano)	–	–	25000	25.000
	CMP (R\$/m ³)	1,69	CMP (R\$/ha)	41,25	

Fonte: Melo et al. (2011). Adaptado pelo autor.

Obs.: V = volume em m³ na unidade de manejo; Uni = unidade de medida; MO/Q = mão de obra ou quantidade; CT = custo total.