



MATHEUS ANDRADE FERREIRA

**PLANEJAMENTO OTIMIZADO DA
PRODUÇÃO DE MADEIRA NO FOMENTO
FLORESTAL**

LAVRAS – MG

2016

MATHEUS ANDRADE FERREIRA

**PLANEJAMENTO OTIMIZADO DA PRODUÇÃO DE MADEIRA NO
FOMENTO FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Lucas Rezende Gomide

LAVRAS – MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ferreira, Matheus Andrade.

Planejamento otimizado da produção de madeira no fomento
florestal / Matheus Andrade Ferreira. – Lavras : UFLA, 2016.

68 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador: Lucas Rezende Gomide.

Bibliografia.

1. Programação Linear. 2. Pousança Florestal. 3. Celulose. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

MATHEUS ANDRADE FERREIRA

**PLANEJAMENTO OTIMIZADO DA PRODUÇÃO DE MADEIRA NO
FOMENTO FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de Março de 2016.

Dr. Antonio Donizette de Oliveira UFLA

Dr. Rafael Rode Ufopa

Dr. Lucas Rezende Gomide
Orientador

LAVRAS – MG

2016

“Na caminhada da vida encontrei acolhimento, educação, amor, amizade e confiança dos meus pais, avós, familiares e amigos. Agradeço aos meus pais por tudo, especialmente por duas joias colocadas na minha vida, meus irmãos, que sempre estiveram muito carinho e amor comigo. Agradeço também a minha namorada pelo seu apoio, confiança e amor para vida inteira. Perdi algumas pessoas no caminho, mas superei com o apoio de Deus, da minha família e com os ensinamentos herdados do vovô, Sabedoria, Garra e Caridade. A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria, conquiste, supere e viva intensamente cada dia como se fosse o último, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos. Consequentemente seus sonhos se realizarão! ”

Dedico este estudo

A Deus.

Aos meus pais Amarílio e Dulce.

Aos meus irmãos Thúlio e Sofia.

Aos meus avós Francisco, Maria, José e Magda.

A minha namorada Millena.

Aos meus professores e amigos.

A minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelos 25 anos em que tive a sua presença constante me apoiando e orientando. Agradeço com a certeza de que nunca vai me desamparar na caminhada futura.

Aos meus pais Amarílio Silva Ferreira e Dulce Delfina de Andrade Ferreira, agradeço pelo amor incondicional, pelo total apoio, carinho e incentivo.

Agradeço aos meus irmãos Thúlio Andrade Ferreira e Sofia Andrade Ferreira pelo amor, companheirismo e amizade.

A minha namorada Millena pela compreensão, amor, confiança e pelo seu jeito carinhoso, sempre cuidando de mim.

Aos meus familiares, em especial para o meu avô Chiquinho por me deixar grandes ensinamentos: Garra, Sabedoria e Caridade. Seguirei seus rastros.

À Fibria pela disponibilidade dos dados, em especial ao Ezio Tadeu Lopes e ao Rafael Carvalho pela confiança.

Aos professores, em especial aos do LEMAF, agradeço pela amizade e conhecimento compartilhados em diversos momentos.

E ao professor Lucas Rezende Gomide, pela paciência, orientação e dedicação para a realização deste trabalho.

Agradeço a todos vocês!

RESUMO

O fomento florestal é uma parceria entre indústrias e produtores rurais para ampliação da sua base florestal sem imobilizar capital na compra de terras, e ao mesmo tempo levar renda aos produtores rurais. O objetivo do presente estudo foi elaborar o modelo matemático para otimizar a distribuição das áreas de fomento futuras a serem contratadas e/ou renovação dos contratos atuais, minimizando o custo da madeira entregue na fábrica. As áreas de fomento da empresa encontram-se distribuídas ao longo do Espírito Santo, sul da Bahia e Minas Gerais. A redistribuição dessas áreas é essencial para garantir competitividade da empresa no mercado mundial de celulose, frente à atual crise econômica no Brasil e possíveis mudanças climáticas. O modelo matemático teve como propósito a redução do custo de madeira posto fábrica, considerando um horizonte de planejamento de médio prazo (tático). Contudo, devido à necessidade de integração entre os níveis estratégico e tático, foram utilizadas metas de produção futura do fomento, conforme diretrizes estabelecidas pelo planejamento de longo prazo. De forma complementar foram adicionadas restrições de área de plantio disponível por município, para a condução dos contratos de fomento. Além disso, restrições de capacidade máxima de estocagem de madeira por depósito e de capacidade na contratação de fomento, também foram geradas no escopo do problema. Foram criados 6 cenários e avaliados tomando como base o custo total da função objetivo, custo médio por m^3 de madeira, raio médio de transporte, tempo de processamento do modelo e viabilidade de implementação do plano de contratação, seguindo a orientação dos gestores da empresa. O modelo matemático mostrou sua eficiência, eficácia e flexibilidade na geração de cenários para auxiliar os gestores da empresa na tomada de decisão, em que o cenário 6 foi escolhido como o melhor cenário com custo de madeira igual a R\$143,01/ m^3 . Além de propor alternativas como a precificação da madeira diferenciada de acordo com a localização do município e formar blocos homogêneos de contratação/renovação de fomento ao redor da fábrica.

Palavras-chave: Programação Linear. Poupança Florestal. Celulose.

ABSTRACT

Forest outgrower is a partnership between rural industries and producers to expand their forest base without immobilize capital in purchasing land, and at the same time brings income to farmers. The aim of this study was to develop a mathematical model to optimize the distribution of future forest outgrower areas to be contracted and / or renewal of existing contracts, minimizing the cost of wood delivered to the factory. The forest outgrower areas are distributed throughout the Espírito Santo, south of Bahia and Minas Gerais. Redistribution of these areas is essential to ensure the company's competitiveness at the global pulp market, due to the current economic crisis in Brazil and possible climate change. The mathematical model aimed to reduce the cost of wood at the factory, considering a medium-term planning horizon (tactical). However, due to the need for integration between the strategic and tactical levels, future forestfostering production targets were used as guidelines established by long-term planning. Complementarily were added acreage restrictions available in the municipality, for the conduct of forest forestering contracts. In addition, restrictions on maximum capacity timber storage for deposit and capacity in hiring areas were generated in the scope of the problem. Were created scenarios and were evaluated by the total cost of the objective function, average cost per cubic meter of wood, average transport distance, model processing time and feasibility of implementation of the procurement plan, following the guidance of the company's managers. The mathematical model has shown its efficiency, effectiveness and flexibility in generating scenarios to assist company managers in decision making, in which the scenario 6 was chosen as the best scenario with wood a cost of R\$143,01/m³. In addition to proposing alternatives such as pricing of different wood according to the city's location and form homogeneous blocks of promotion/renovation of forest outgrower around the factory.

Keywords: Linear Programming. Forest Outgrower. Cellulose.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplo ilustrativo dos efeitos da regulação florestal envolvendo o controle por área e volume no planejamento	18
Figura 2	Histórico do Fomento Florestal na Fibria.....	30
Figura 3	Mapa com os municípios potenciais para atuação do fomento da Fibria.....	31
Figura 4	Gráfico de fluxo de abastecimento de madeira no futuro para empresa.....	32
Figura 5	Mapa de localização dos depósitos para os modais de transporte rodoferroviários e rodomarítimo	37
Figura 6	Cenários gerados para o primeiro ano de contratação, considerando a expansão/renovação de contratos de fomento	45
Figura 7	Lucratividade da venda de celulose em função da variação cambial	50
Figura 8	Área a ser contratada/renovada de fomento por ano do HP em cada cenário.....	51
Figura 9	Mapa das taxas de redução do preço da madeira por modal de transporte tornando o município viável economicamente para o cenário 6.....	54
Figura 10	Comparação entre o ano de contratação 1 no cenário 6 e a previsão de contratação/renovação de fomento pelos técnicos para este ano (cenário empírico)	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Linhas de financiamento para práticas silviculturais.....	27
Tabela 2	Informações gerais dos povoamentos estudados contendo o volume médio e o incremento médio anual para a idade de seis anos nas diferentes classes de capacidade produtiva.....	34
Tabela 3	Valores de custos para formação de floresta considerando o sistema de manejo implantação/reforma	35
Tabela 4	Custos de colheita por grau de mecanização e classe de capacidade produtiva.....	36
Tabela 5	Informações percentuais de área com aptidão para silvicultura nas regiões do Espírito Santo	39
Tabela 6	Valores da demanda volumétrica anual de madeira sem casca de fomento sem casca pelo Planejamento de Longo Prazo.....	40
Tabela 7	Capacidade anual dos depósitos de abastecimento da fábrica.....	41
Tabela 8	Cenários para auxiliar nas estratégias do Programa de Poupança Florestal da Fibria	43
Tabela 9	Base de dados para variação da taxa cambial para análise da sua influência na lucratividade	44
Tabela 10	Análise dos cenários de planejamento tático para contratação/renovação de fomento	46
Tabela 11	Percentual de redução média no preço da madeira para tornar o município viável economicamente por modal de transporte para alguns municípios.....	52
Tabela 12	Comparação entre os cenários de planejamento tático para contratação/renovação de fomento e o previsto pela empresa	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	Setor de celulose e papel.....	15
3.2	Planejamento florestal.....	16
3.3	Fomento florestal.....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1	Área de estudo.....	29
4.2	Histórico do problema florestal.....	29
4.3	Distribuição do fomento nas regiões de atuação.....	31
4.4	Programação matemática.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
6	CONCLUSÕES.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	ANEXOS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto é originário da Austrália, do Timor e da Indonésia, sendo hoje uma das principais fontes de matéria-prima para produzir papel. Pertence aos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, apresentando muitas espécies. No Brasil, o eucalipto adaptou-se muito bem às condições edafobio climáticas, com crescimento superior a outros países no mundo (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, CIB, 2008).

A introdução do eucalipto para fins silviculturais no Brasil aconteceu em 1904, por Navarro de Andrade para suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro na Companhia Paulista de Estradas de Ferro. A partir da década de 50, as fábricas de papel e celulose começaram a utilizar o eucalipto como fonte de matéria-prima. Devido aos incentivos fiscais nas décadas de 60, 70 e até meados dos anos 80 houve uma expansão expressiva da silvicultura brasileira com os plantios de eucalipto. Estes plantios de eucalipto continuaram a crescer cada vez mais, estimulados pelo consumo de madeira das indústrias de papel e celulose e de siderúrgicas a carvão vegetal (DOSSA et al., 2002).

Entre 2006 e 2008 os plantios de eucalipto no Brasil cresciam em média 7,1% a.a., porém em 2009 houve uma redução desse crescimento para 4,2% devido à crise econômica mundial ocorrida em 2008, também conhecida como crise do *Subprime*. Mesmo após a crise e durante a recuperação econômica, o Brasil continuou expandindo sua base florestal em ritmo menos acelerado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, ABRAF, 2013). Em 2014, a área plantada de *Eucalyptus* totalizava 5,56 milhões de ha representando crescimento de 1,6% (90.000 ha) em relação a 2013. Os novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Papel e Celulose foram os principais responsáveis

para alavancar esse crescimento diante a uma crise econômica recente (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, IBA, 2015).

O histórico do plantio florestal do eucalipto mostra que a silvicultura é uma importante atividade produtiva no Brasil, fonte de riqueza e desenvolvimento social, bem como de conservação ambiental. As florestas plantadas no Brasil geralmente apresentam altas taxas de produtividade, devido a décadas de investimento em pesquisa e melhoramento genético, o que proporciona um aumento na relação volume/área plantada.

O destino de boa parte da madeira produzida são as indústrias do setor de celulose e carvão, para atender a uma crescente demanda de madeira. Contudo, a disputa por terra entre atividades vinculadas ao agronegócio, ao longo dos últimos anos, e conseqüentemente o seu sobrepreço, promoveu o surgimento de uma alternativa produtiva capaz de trazer benefícios junto ao setor florestal (ABRAF, 2013). Essa alternativa é o fomento florestal. Trata-se de uma parceria entre indústrias e produtores rurais para ampliação da sua base florestal sem imobilizar capital na compra de terras, e ao mesmo tempo levar renda aos produtores rurais (OLIVEIRA; VALVERDE; COELHO, 2006; REZENDE et al., 2006).

O fomento florestal é uma modalidade dentro do agronegócio, que promove a integração entre produtores rurais e empresas consumidoras de matéria-prima florestal para a formação de florestas, gerando novas oportunidades de trabalho e renda nas propriedades, preservando as matas nativas, os recursos hídricos e a fauna, tornando-se uma opção de suprimento de madeira para o setor industrial (OLIVEIRA et al., 2006; SILVA et al., 2009; PRESTES, 2014; RODE et al., 2015).

O investimento das empresas no fomento florestal é uma possibilidade muito interessante, já que a compra de terras apresenta um custo elevado. Quando a empresa estabelece a parceria com o produtor rural, pode-se utilizar o

capital que seria utilizado na aquisição de novas terras para investimentos em outras atividades da empresa. Além disso, existem outras vantagens para a empresa relacionadas à legislação latifundiária, que pode sofrer mudanças com o tempo restringindo expansões. Já para o produtor florestal, as vantagens estão relacionadas à venda garantida da madeira, assistência técnica para as atividades silviculturais, crédito facilitado e adequação da propriedade às leis, com a realização do Cadastro Ambiental Rural, que é obrigatório para formalização do contrato (REZENDE et al., 2006; SILVA et al., 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Elaborar um modelo matemático para otimizar a distribuição das áreas de fomento futuras a serem contratadas e/ou renovação dos contratos atuais, de uma empresa florestal, minimizando o custo da madeira entregue na fábrica.

2.2 Objetivos específicos

- a) Simular diferentes cenários para redistribuição das áreas de atuação do fomento, avaliando seus efeitos no custo de madeira posto fábrica;
- b) Avaliar o efeito do custo da madeira em novos contratos simulados por município nos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo;
- c) Identificar o impacto do uso de diferentes modais no transporte da madeira e em seu custo;
- d) Identificar o efeito espacial ou de grupos de municípios habilitados nos programas de fomento futuro;
- e) Comparar os efeitos da distância média de transporte e do custo da madeira no plano recomendado pela empresa e no melhor cenário obtido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Setor de celulose e papel

Denomina-se setor de celulose e papel, o conjunto formado pela indústria de celulose, pela indústria de papéis e pela indústria de artefatos de papéis. O conhecimento da estrutura do mercado de celulose é fundamental para fins de planejamento da produção, comercialização e previsão para o setor florestal (MONTEBELO; BACHA, 2013).

A cadeia produtiva do setor brasileiro de florestas plantadas caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, tendo como principal produto a celulose, envolvendo uma gama de atividades que incluem desde a produção até a transformação da madeira em produtos finais. Em 2014, 34% de toda a madeira de florestas plantadas produzida no país foi utilizada para a produção de celulose (IBA, 2015).

O consumo de celulose está diretamente relacionado com o consumo de papel, que por sua vez está vinculado ao crescimento da população, à renda e à escolaridade. Isto é, quanto maior a população, a renda e o nível de escolaridade, maior o consumo de livros, cadernos, papéis de imprimir e escrever e papéis para fins sanitários. Já na indústria, quanto maior a produção, maior o fluxo de mercadorias e, portanto, o consumo de embalagens (FAE BUSINESS, 2001).

Segundo a ABRAF (2013), entre o período de 2002 a 2012, a indústria nacional de celulose expandiu em média 5,7% a.a., reflexo do aumento das exportações, ganhando os mercados asiático e europeu. Em 2012, a produção de celulose totalizou 13,9 milhões de toneladas e o consumo interno foi de 5,8 milhões de toneladas, registrando uma queda de 0,1 milhão de tonelada em relação ao ano anterior. Essas quedas de produção e de consumo foram relacionadas às incertezas econômicas globais que desaqueceram a economia.

Segundo IBA (2015), já em 2014, a produção de celulose alcançou 16,5 milhões de toneladas, sendo 8,8% superior ao ano de 2013, crescimento impulsionado pela exportação e pelo mercado interno que aumentou 2,2%.

O Brasil está entre os principais detentores de recursos florestais, sendo o único que contém uma área 314 milhões de ha de florestas tropicais (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, SFB, 2014). Além de uma ampla área de florestas nativas, o Brasil possuía uma área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* até 2014 de 7,74 milhões de ha, sendo 519 mil ha de fomento (IBA, 2015), para atender a crescente e elevada produção de celulose.

A administração adequada da extensa base florestal existente no Brasil é fundamental para garantir uma produção madeireira e não madeireira sustentável, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais. O planejamento florestal pode ser utilizado como uma excelente ferramenta para auxiliar na gestão dos recursos florestais, buscando garantir a sustentabilidade.

3.2 Planejamento florestal

O planejamento pode ser definido como uma série de ações e simulações de cenários, com intuito de gerar melhoria no sistema para levar a uma tomada de decisão e, assim, atingir as metas e desafios. Desta maneira, o planejamento florestal pode ser definido como uma série de atividades distribuídas em uma série temporal, com o propósito de atender objetivos de cunho florestal.

O planejamento florestal abrange três características que, em conjunto, tornam o exercício de planejamento um grande desafio para o gestor florestal. A primeira característica é que ele apresenta diversos objetivos, que algumas vezes são conflitantes. Outra característica é que podem cobrir horizontes muito longos de tempo, a fim de refletir a natureza dos problemas florestais. Por fim, o planejamento pode ter um alto custo, devido à complexidade dos sistemas

florestais. Tal complexidade é provocada pela interação de muitos processos diferentes, como grandes áreas, dados incompletos, etc., sujeitando-se a um alto grau de incerteza na previsão de diferentes soluções (ÖHMAN; ERIKSSON, 2010).

A estrutura hierárquica do planejamento florestal está dividida em três níveis: estratégico, tático e operacional. No planejamento estratégico, o plano de trabalho apresenta um horizonte de planejamento mais amplo e um menor nível de detalhamento dos dados, define a estratégia a ser seguida por uma empresa, resumindo-se em “empreendedorismo”. No planejamento tático, o plano de trabalho é de médio prazo, implementando as estratégias do planejamento de longo prazo e retrata-se em “administração”. Já no planejamento operacional há um maior nível de detalhamento dos dados e o horizonte de planejamento é curto (dias, semanas ou meses) para realizar as atividades, sintetizando em “execução”.

O planejamento florestal tem como um de seus objetivos a regulação florestal, que pode ser feita por meio de um processo matemático, que garanta que os volumes de madeira e a área explorada sejam constantes ao longo do horizonte de planejamento. Para garantir a regulação florestal são necessárias restrições de área e de volume, explorando uma constante A em hectares para área e V em metros cúbicos para volume (Figura 1).

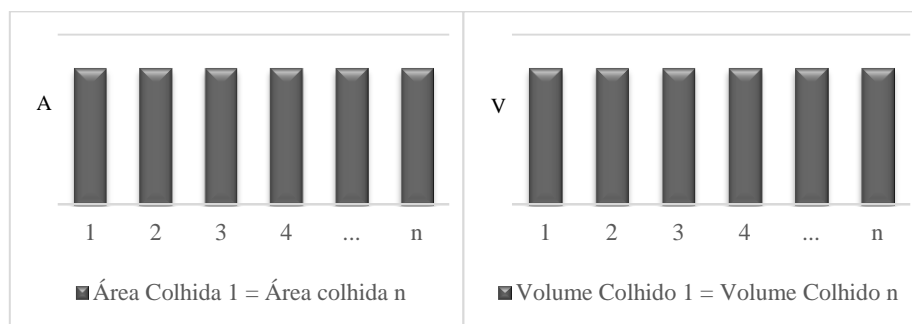


Figura 1 Exemplo ilustrativo dos efeitos da regulação florestal envolvendo o controle por área e volume no planejamento

Boston e Bettinger (2001) estudaram dois planos de modelagem para regulação florestal. O primeiro plano apresentou duas fases: um estágio de programação linear com as metas de volume definidas pelo Planejamento de Longo Prazo (PLP), e uma segunda etapa utilizando meta-heurística para minimizar os desvios em relação às metas de volume e ao mesmo tempo maximizar o VPL (Valor Presente Líquido). Já no segundo plano de gestão não foi utilizado o volume de madeira demandado pelo PLP como sua meta volumétrica. Porém, a demanda volumétrica advinda do PLP foi fundamental para a escolha do melhor plano de gestão, pois orientou as técnicas heurísticas, gerando o melhor resultado.

No nível do planejamento estratégico, o foco está nas metas de longo prazo, tais como metas de volumes de colheita e estratégias na reforma ou condução da brotação em um talhão. Estes resultados são indicativos para o planejamento de nível tático, que consideram essencialmente como prerrogativa, a distribuição espacial das áreas a serem colhidas (ÖHMAN; ERIKSSON, 2010).

A distribuição espacial das atividades no planejamento estratégico pode conduzir a resultados enganosos ou planos difíceis ou até impossíveis de serem implementados. Um dos cuidados para se levar em consideração é a localização

dos talhões a serem colhidos, com agrupamento dos mesmos em blocos e com economia de recursos via redução de gastos com construção e manutenção de estradas, além do transporte das máquinas de colheita (BASKENT; JORDAN, 1991).

Segundo Baskent e Keles (2005) as preocupações ambientais levaram a importantes modificações nos modelos de planejamento florestal, com a inclusão de aspectos espaciais atrelados à proteção da fauna, biodiversidade, beleza cênica, à redução na sedimentação ocasionada pela água e erosão. Tudo está relacionado com a forma e distribuição dos talhões ou unidade de manejo, restrições de adjacência, áreas máximas e mínimas de colheita, a conectividade, a fragmentação, o tamanho dos habitats e com melhor aproveitamento das estradas, dentre outras.

Rode et al. (2015) compararam a regulação florestal de projetos de fomento com áreas próprias de empresas florestais. O estudo mostrou que um modelo de programação único entre as áreas dos fomentados e das empresas para maximizar o valor anual equivalente (VAE) foi favorável, aumentando seu valor em 1% comparado ao modelo individual (áreas dos fomentados e das empresas em modelos separados), mantendo a estrutura da floresta regulada ao final do planejamento.

O planejamento florestal bem como suas ferramentas de otimização das variáveis de interesse pode ser o suporte para garantir o suprimento de madeira em uma indústria. Além de planejar as operações de silvicultura, colheita, logística e transporte das áreas próprias, pode auxiliar na expansão e distribuição do fomento florestal.

3.3 Fomento florestal

O Fomento Florestal está baseado nos princípios da sustentabilidade, pois aborda os aspectos social, ambiental e econômico. Permite ganhos à sociedade envolvida, tanto por meio das oportunidades de trabalho e renda ou mesmo na geração de impostos e tributos. Na realização dos contratos de fomento, empresas financiam grande parte dos custos/gastos com as florestas (insumos e operações), podendo ou não converter a dívida dos Produtores Florestais em madeira e o pagamento ocorre no momento da colheita, também chamado de pagamento com produto.

Segundo Silva et al. (2009), os modelos de contratos de fomento entre as empresas e os produtores florestais são classificados como: contrato de fomento comercial e contrato de fomento convencional. No contrato de fomento comercial, a empresa se responsabiliza pelo plantio e o produtor florestal assume todos os demais custos de implantação. Já no contrato de fomento convencional a empresa subsidia os insumos, e o produtor florestal assume a responsabilidade pela execução das atividades silviculturais.

Souza et al. (2009) estudaram fatores para a realização de novos contratos de fomento florestal em Minas Gerais e identificaram que o sistema de medição da madeira, a área contratada e o tamanho da propriedade foram fundamentais para realização de novos contratos. Sendo assim, uma sugestão para as empresas florestais foi o desenvolvimento de programas para acompanhamento técnico e formação dos produtores fomentados com o aumento na confiança do sistema de medição de madeira, conseguindo também, aumentar a base de florestas plantadas advindas do fomento.

Silva et al. (2009) avaliaram a relação de confiança de produtores rurais em um programa de fomento florestal de uma indústria de celulose em Minas Gerais, cujos resultados foram semelhantes aos de Souza et al. (2009). Os

autores verificaram que há uma relação de confiança entre o produtor e a empresa, porém alguns fatores que geram uma possível desconfiança são: o sistema de medição da madeira, o custo de transporte e a ausência de política de preços que favoreça o entendimento dos produtores fomentados.

O fomento florestal influencia na determinação do risco do investimento em um projeto florestal. Cordeiro et al. (2010) simularam análises de risco para projetos florestais com e sem fomento para produção de carvão e identificaram que o preço dos produtos, a produtividade da floresta, a taxa de juros, o custo de colheita e custo de implantação são os fatores, em ordem de importância, que mais influenciam no VPL (Valor Presente Líquido) dos projetos. Já nos projetos para produção de madeira, os fatores que mais afetam o VPL são o custo de colheita e de implantação. Os resultados mostraram que o fomento influenciou bastante na viabilidade econômica dos projetos, tornando-os mais viáveis e com risco mínimo, desde que o mercado continue estável ao longo do período dos projetos.

No sul do estado do Espírito Santo, Carmo et al. (2011) analisaram a viabilidade econômica de cultivos de eucalipto em projetos, localizados em áreas acidentadas, com apoio de fomento florestal e verificaram que para o produtor fomentado, a viabilidade econômica ocorre a partir do nível de produtividade de 145,51 m³/ha, ou seja, apresentando VPL maior que zero.

Segundo Rezende et al. (2006), um programa de fomento florestal pode auxiliar muito no desenvolvimento humano de regiões subdesenvolvidas, apresentando uma importância elementar. Devem ser adotadas políticas adequadas e comprometidas com o aspecto social, orientando o produtor florestal a receber o subsídio e decidir qual a melhor opção de venda da madeira, garantindo assim, um aumento na renda desses produtores florestais.

Estudos realizados por Oliveira, Valverde e Coelho (2006) avaliaram a importância econômica do fomento florestal para os produtores rurais no

Espírito Santo e observaram que a renda das famílias que possuem fomento é altamente dependente do mesmo, sendo esta atividade a principal ou a secundária na propriedade. Uma vez que os produtores rurais iniciam as atividades de silvicultura com o fomento florestal, não abandonam esta atividade mesmo ao término do contrato, fortalecendo o mercado de madeira.

O fortalecimento de produtores florestais pelo fomento florestal no mercado de madeira pode ascender a ideia para formação de cooperativas buscando quebrar as limitações de produção e produtividade, além de diversificar a produção nas propriedades. Essas cooperativas podem fornecer aos produtores rurais que pretendem investir no segmento florestal, todas as informações necessárias sobre mercado, plantio e manejo florestal, tanto para os produtores que praticam a silvicultura como atividade alternativa na propriedade, como para os que desejam fazer da prática silvicultural sua principal fonte de renda.

A formação de cooperativas deve ser encarada pelas empresas como o sucesso de um programa social, distribuindo a renda entre os produtores rurais e incentivando outros produtores a realizarem o fomento florestal. Desta forma, o mercado de madeira se tornará cada vez mais amplo, gerando muitas alternativas de abastecimento de madeira para as fábricas.

Uma alternativa para aumentar o retorno financeiro dos contratos de fomento florestal para produtores fomentados pelas empresas florestais pode ser por meio do recebimento de crédito de carbono (VALDETARO et al., 2011). Após a avaliação da contribuição dos créditos de carbono na viabilidade econômica nos contratos de fomento florestal no sul da Bahia, Valdetaro et al. (2011) perceberam que essa viabilidade foi aumentada em 11,52% com a inclusão da comercialização dos créditos de carbono, o que maximiza o ganho financeiro dos produtores florestais.

Rezende et al. (2006) estudaram a viabilidade econômica de plantios com fomento florestal considerando três possibilidades de venda da produção florestal: venda da madeira em pé, venda da madeira entregue no depósito da empresa e venda direta do carvão para siderurgia. Em todas as simulações, a venda da madeira em pé se mostrou economicamente viável. Além de ser uma boa opção econômica para o produtor, ela proporciona mais segurança para os operadores de colheita e transporte, já que empresas fomentadoras possuem equipes especializadas para tais atividades.

Canto et al. (2006) avaliaram a colheita e o transporte florestal do fomento em cinco regiões do estado do Espírito Santo e observaram que houve a terceirização de ambas as atividades florestais na maioria dos contratos de fomento florestal. A explicação para este fato está baseada principalmente por falta de máquinas e equipamentos, indisponibilidade de tempo, custo elevado e falta de recursos financeiros e de mão-de-obra especializada. Segundo Canto et al. (2007) a contratação da maioria do serviço de terceiros era informal. Aconteceram acidentes de trabalho em 16,3% dos contratos, sendo 60% na colheita e transporte florestal próprios, tornando clara a necessidade de conscientização dos proprietários rurais e dos trabalhadores envolvidos no fomento para trabalharem com segurança.

A logística do transporte florestal do fomento é fundamental para formação do custo da madeira posto fábrica. Machado et al. (2009) analisaram o desempenho logístico do transporte rodoviário de madeira em áreas de fomento no Espírito Santo e verificaram que em regiões com topografia acidentada, a melhoria na qualidade das estradas influencia ainda mais no custo da madeira, maximizando o desempenho dos veículos, principalmente dos veículos 4x2 e 6x2. Portanto, a escolha do veículo de acordo com a topografia da região é de fundamental importância para o transporte florestal.

Diesel et al. (2006) estudaram os impactos sociais das iniciativas de fomento florestal conduzidos no Brasil. Identificaram que as empresas que promovem o fomento florestal, apresenta-os como programas para aproveitamento da capacidade produtiva dos solos degradados em pequenas propriedades rurais, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais para os produtores florestais. Embora os programas cite “pequenos e médios produtores” há uma tendência de que os grandes proprietários de terras também estejam se tornando beneficiários dos programas de fomento formando grandes unidades produtivas, evidenciando o interesse pelo fomento florestal em todos os segmentos sociais.

Segundo Fischer e Zylbersztajn (2012), o fomento florestal na indústria brasileira de celulose ocupa a segunda posição na matriz de suprimento de madeira através de contratos de longo prazo. A participação dos programas de fomento florestal no abastecimento de madeira para as indústrias de celulose está aumentando cada vez mais. A maioria dos programas de fomento usa a opção de compra da madeira dos produtores florestais, com exceção do fomento de extensão.

O fomento florestal aumenta a oferta de madeira na região onde é praticado, sem a agregação de novas áreas ao patrimônio das empresas, como também está ligado diretamente à redução do êxodo rural. O aumento de produtores fomentados proporciona a oferta e regula o mercado de madeira de uma forma estratégica, promove a geração de renda segura, aumenta o número de empregos na região, valoriza a pequena propriedade, fixa o homem no campo e, principalmente, distribui a renda, já que a prática da silvicultura deixa de ser exclusiva por parte dos grandes proprietários ou das grandes empresas reflorestadoras (PRESTES, 2014).

Além do fomento praticado pelas empresas, existem outras formas de subsidiar a prática da silvicultura no Brasil. O Governo Federal apresenta linhas

de financiamentos específicas aos pequenos produtores, desde que atendam a alguns princípios ambientais. Algumas dessas linhas de financiamento estão a seguir e seus limites de financiamento, taxa de juros e prazo de carência (variam de acordo com a finalidade) apresentam-se na Tabela 1 a seguir:

- a) PRONAF Florestal: Linha de financiamento destinada à implantação de sistemas agroflorestais; exploração extrativista ecologicamente sustentável, plano de manejo florestal; recomposição e manutenção de áreas de preservação permanente e reserva legal, e recuperação de áreas degradadas; enriquecimento de áreas que já apresentam cobertura florestal diversificada, com o plantio de uma ou mais espécies florestais nativas do bioma (BANCO DO BRASIL, BB, 2014).
- b) PRONAF Eco: Esse programa financia projetos de silvicultura, entendendo-se por silvicultura o ato de implantar ou manter povoamentos florestais geradores de diferentes produtos, madeireiros e não madeireiros (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, BNDES, 2014)
- c) Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono): Essa linha de crédito tem como objetivo incentivar a adoção de técnicas agrícolas sustentáveis que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa e ajudem na preservação dos recursos naturais. São seis as iniciativas apoiadas pelo ABC que visam contribuir para a preservação do meio ambiente e para a sustentabilidade da produção agropecuária: plantar direto na palha; recuperar pastos degradados; integrar lavoura-pecuária-floresta; plantar florestas comerciais; fixar

o nitrogênio no solo biologicamente; tratar resíduos animais (BANCO DO BRASIL, 2014).

- d) **PRODUSA** (Programa de Estímulo à Produção Agropecuária Sustentável): Tal linha de financiamento se aplica a todos os produtores rurais (pessoa física ou jurídica) e suas cooperativas, com o objetivo de implantação de sistemas orgânicos de produção agropecuária; implantação e ampliação de sistemas de integração de agricultura com pecuária, ou de agricultura, pecuária e silvicultura; correção de solos e uso de várzeas já incorporadas ao processo produtivo e projetos de adequação ambiental para recuperação de áreas degradadas; investimentos em bovinocultura, caprinocultura e ovinocultura (BNDES, 2011).
- e) **PROPFLORA**: Tal linha de financiamento apresenta como beneficiários, produtores rurais (pessoas físicas/jurídicas) e suas associações e cooperativas, financia projetos maiores, como a implantação e manutenção de florestas destinadas ao uso industrial e à produção de carvão vegetal; recomposição e manutenção de APP e de RL; projetos agroflorestais; implantação de viveiros de mudas florestais e projetos de manejo florestal (BANCO DA AMAZÔNIA, BAZA, 2014).

Tabela 1 Linhas de financiamento para práticas silviculturais

Linha de financiamento	Limite	Taxa	Carência
Pronaf Florestal	até R\$35 mil	1% a.a.	até 12 anos
Pronaf ECO	até R\$ 10 mil	1% a.a.	de 2 a 8 anos
	mais de R\$ 10 mil	2% a.a.	
ABC	até R\$ 1 milhão	5% a.a.	de 1 a 8 anos
PRODUSA	até R\$ 400 mil	5,75 a.a.	de 2 a 6 anos
		6,75 a.a.	
PROPFLORA	até R\$ 200 mil	6,75% a.a.	de 1 a 8 anos

Fonte: Banco do Brasil, BB (2014); Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES (2014; 2011); Banco da Amazônia, BAZA (2014).

No estado do Espírito Santo há dois Programas Florestais de incentivo à atividade de silvicultura nas propriedades rurais: um programa governamental - Programa de Desenvolvimento Florestal, e um privado - Programa Produtor Florestal, sob responsabilidade da Fibria S. A (INCAPER, 2014). Ambos visam incentivar os proprietários rurais na formação de florestas plantadas, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais. Além da Fibria, várias empresas do setor florestal realizam o fomento florestal como alternativa de suprimento de madeira para suas fábricas, como a MWV Rigesa, o Grupo Jari, a Masisa Brasil, a Suzano, a Cenibra, a Eucatex, entre outras. Porém, existem outras empresas que não praticam fomento, como a Eldorado Brasil, que faz uso do arrendamento de parceiros locais, baseando-se na sustentação social e considerando a localização, acessos e qualidade do solo para garantir o seu abastecimento de madeira na fábrica de celulose.

Para as empresas, existem muitas vantagens sobre os programas de fomento ou programas de poupança florestal, sendo elas, alternativa de suprimento da demanda de madeira, diminuição do capital imobilizado na compra de terras, melhoria nas relações com os produtores rurais/florestais,

fortalecimento da economia regional e redução da concentração fundiária. Assim, há um fortalecimento do setor florestal no país.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A Fibria possui 3 fábricas localizadas em Três Lagoas (MS), Aracruz (ES), Jacareí (SP) e Eunápolis (BA) e mantém a Veracel em Joint-Operation com a Stora Enso. É líder mundial na produção de celulose de eucalipto e possui capacidade produtiva de 5,3 milhões de toneladas anuais de celulose. O presente estudo foi realizado na Unidade Aracruz, focado nas áreas de fomento florestal que compreendem 53 mil hectares (FIBRIA CELULOSE, 2016).

4.2 Histórico do problema florestal

A iniciativa do Fomento florestal na Fibria teve início em 1990 com a antiga Aracruz Celulose e Papel, com a finalidade de criar uma alternativa de parceria com pequenos produtores rurais, apresentando como objetivo a difundir os plantios florestais homogêneos com eucalipto no Espírito Santo e em Minas Gerais.

O grande entrave para expansão do fomento florestal foi o mito sobre o eucalipto: “o eucalipto empobrece e seca o solo”. Nessa fase, o principal desafio foi a desmistificação do eucalipto, explicando aos produtores rurais como plantar florestas para conservação do meio ambiente.

Entre 1999 e 2000, a empresa conseguiu duas licenças para o plantio no Espírito Santo, junto ao Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do ES (IDAF), LO 04/1999 com liberação de 28.000 ha de plantio e LO 01/2000 com liberação de 30.000 ha para plantio. No ano de 2001 deu início à expansão do fomento florestal para o Estado da Bahia para atender a demanda de uma nova fábrica. Após a desmistificação do eucalipto e com a expansão do fomento

florestal, os pequenos produtores rurais não eram mais tratados como pequenos produtores rurais, mas sim, como produtores ou investidores florestais.

A partir de março de 2004, entrou em vigência um novo Contrato de Fomento Florestal que trouxe vantagens para a empresa e para o produtor rural garantindo uma maior segurança no contrato de fomento. Esse contrato permaneceu vigente, mesmo após a fusão da Aracruz e da Votorantim Celulose e Papel, em 2009, atual Fibria, e teve fim em dezembro de 2011. A partir de 2012 começou a vigorar o atual modelo de Contrato de Poupança Florestal sendo mais flexível, permitindo a previsão da colheita em pé, o corte de dois ciclos e a cobrança dos insumos no momento da entrega da madeira. Já em 2015 foi criado o Plano Diretor de Poupança Florestal para definição das diretrizes e da gestão do fomento (Figura 2).



Figura 2 Histórico do Fomento Florestal na Fibria

A parceria Empresa-Produtor Florestal visa garantir o desenvolvimento sustentável por meio do aumento do suprimento de madeira para a fábrica, e do aumento da renda dos produtores florestais, da geração de empregos, da

preservação da flora, da fauna nativas e dos recursos hídricos. Assim, garantindo o desenvolvimento sustentável.

4.3 Distribuição do fomento nas regiões de atuação

As áreas de fomento da Fibria encontram-se distribuídas ao longo do Espírito Santo, sul da Bahia e Minas Gerais (Figura 3). A redistribuição dessas áreas é essencial para garantir a competitividade da empresa no mercado mundial de celulose, frente à atual crise econômica no Brasil e possíveis mudanças climáticas.

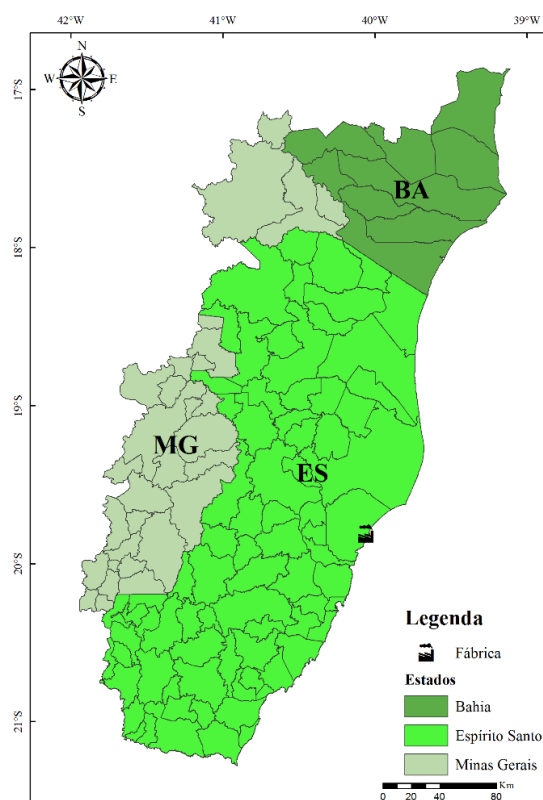


Figura 3 Mapa com os municípios potenciais para atuação do fomento da Fibria

A migração das áreas de atuação do fomento tem como principal foco, reduzir o raio de transporte da madeira, considerando a topografia, o grau de mecanização, o grau de aproveitamento, a produtividade esperada, a proximidade dos maciços da Fibria e a malha viária que irá facilitar o transporte. Além da redução do raio de transporte, a redistribuição dessas áreas torna-se uma válvula de escape para doenças bióticas, que tem ocasionado grandes perdas de produtividade nas florestas, principalmente no sul da Bahia. Assim, há uma tendência de as áreas de fomento atuais localizadas na zona de risco (sul da Bahia) e das futuras se situarem no Espírito Santo.

A contratação de fomentos nos municípios potenciais busca garantir o fluxo de abastecimento de madeira da fábrica. O início das contratações das áreas de fomento, indicadas a partir do modelo de otimização para então fornecer madeira no futuro, começa em 2016 visando abastecer a fábrica em 2022 (ciclo de corte de 6 anos) e assim consecutivamente até o ano de 2021, que irá abastecer a fábrica em 2027, conforme Figura 4.

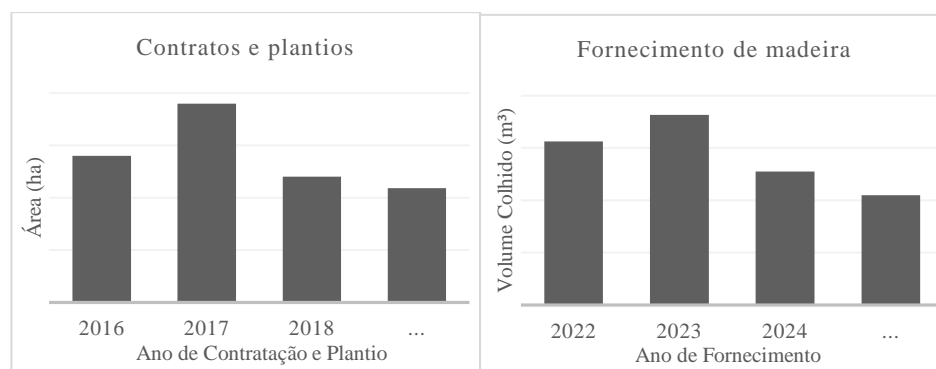


Figura 4 Gráfico de fluxo de abastecimento de madeira no futuro para empresa

4.4 Programação matemática

O modelo matemático teve como propósito a redução do custo de madeira posto fábrica, considerando um horizonte de planejamento de médio prazo (tático). Contudo, devido à necessidade de integração entre os níveis estratégico e tático, foram utilizadas metas de produção futura do fomento, conforme diretrizes estabelecidas pelo planejamento de longo prazo. De forma complementar, foram adicionadas restrições de área de plantio disponível por município para a condução dos contratos de fomento. Além disso, restrições de capacidade máxima de estocagem de madeira por depósito e de capacidade na contratação de fomento também foram geradas no escopo do problema.

Os municípios estudados e localizados nos três estados foram divididos de acordo com seu limite territorial e área efetiva disponível para o plantio. Mediante estas informações, as variáveis de decisão adotadas foram classificadas como contínuas (X_{ijk}), sendo correspondentes à área a ser contratada de fomento no município i do ano j , utilizando o k modal de transporte para madeira após a colheita. Apesar de usualmente ter-se uma recomendação no uso de variáveis inteiras, neste nível de modelo, a estratégia adotada se fez necessária, pois não há áreas efetivas e selecionadas para tal por município, sendo esta uma das respostas almejadas pelo modelo, e por isso, não há uma obrigatoriedade em seu uso.

No caso da função objetivo (1), os valores de custos foram descapitalizados para o ano zero, a uma taxa de juros de 8% a.a., em que Z é o valor do custo global (R\$); C_{ijk} são valores de custo R\$.ha⁻¹ em cada município i , no ano de contratação j , utilizando o modal k de transporte para madeira após a colheita; I é o número total de municípios; J é o número total de anos de contratação, K é o número total de modais de transporte. Para cálculo dos coeficientes C_{ijk} considerou-se um horizonte de planejamento de 12 anos, sendo

os seis anos iniciais relacionados às contratações, e os restantes definidos como anos de produção volumétrica efetiva. Os custos foram descapitalizados para o ano zero, a partir de seus períodos de ocorrência.

$$MIN Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K \in I} C_{ijk} X_{ijk} \quad (1)$$

A produção volumétrica foi prevista pelo potencial produtivo das áreas de fomento, estabelecida no Planejamento de Longo Prazo (IMA – Incremento médio anual) pelo método Delphi. O princípio do método é lastreado nas previsões de um grupo estruturado de especialistas, associados às projeções volumétricas para as áreas de fomento. Já para os municípios que apresentavam uma base de projetos de fomento inventariados, foi utilizada uma média ponderada do volume sem casca projetado para 6 anos. Os municípios se enquadram dentro de 5 classes de capacidade produtiva conforme Tabela 2.

Tabela 2 Informações gerais dos povoamentos estudados contendo o volume médio e o incremento médio anual para a idade de seis anos nas diferentes classes de capacidade produtiva

Classes de capacidade produtiva	Volume médio sem casca (m³·ha⁻¹)	Incremento médio anual (m³/ha·ano⁻¹)
I	257,14	42,9
II	225,85	37,6
III	191,81	31,9
IV	156,80	26,1
V	117,45	19,6

O custo total de formação e condução da floresta, para compor os coeficientes da função objetivo, foi calculado a partir dos gastos de se realizar a reforma e/ou implantação para o fomento. Nesse caso, foram contemplados

ainda os gastos como os insumos, mudas, assistência técnica, licenciamento ambiental, análise de solos, controle de qualidade e adiantamento financeiro ao proprietário das terras (recurso destinado às operações de plantio e condução da floresta), conforme

Tabela 3. Já o preço da madeira foi definido levando em consideração os preços praticados nas regiões com potencial de expansão/renovação de contratos de fomento, para madeira sem casca em pé, onde a colheita é realizada pela empresa.

Tabela 3 Valores de custos para formação de floresta considerando o sistema de manejo implantação/reforma

Atividade	Total (R\$ha⁻¹)
Mudas (plantio e replantio)	525,00
Insumos (fertilizantes + Isca + Herbicida+Cupinicida)	1.526,00
Análise de solos	23,00
Licenciamento Ambiental	64,00
Controle de Qualidade	96,00
Adiantamento Financeiro	2.570,00
Assistência técnica	0,00
Total	4.804,00

O custo de colheita foi calculado com base nos custos da empresa, considerando a colheita própria em áreas planas (A – Harvester de esteira e Forwarder), colheita ancorada (B – Harvester e Forwarder de pneu ancorado em duas árvores) e colheita manual (C – Motoserra e Guincho), com diferenciação de custos a partir do volume da classe de capacidade produtiva (Tabela 4).

Tabela 4 Custos de colheita por grau de mecanização e classe de capacidade produtiva

Classe de Capacidade Produtiva	Custo de Colheita (R\$m ⁻³)		
	A	B	C
I	28,91	39,45	55,35
II	29,35	40,06	56,19
III	30,98	42,27	59,30
IV	33,62	45,88	64,37
V	37,53	51,21	71,84

O custo de transporte foi calculado de acordo com o modal de transporte disponível do município até a fábrica, considerando os custos de logística da empresa. Nesse sentido foram considerados 5 modais de transporte:

1. Transporte rodoviário direto: o custo é calculado com base na distância por rodovias do centroide do município até a fábrica, para as opções de bitrens ou tritrens. O transporte da madeira por bitrem ou tritrem foi definido de acordo com as leis de tráfego das rodovias, que ligam os municípios até a fábrica.
2. Transporte rodoviário com tombo: o custo é calculado para áreas com inclinação superior a 24°, tendo como referência a distância por rodovias do centroide do município até o depósito mais próximo, utilizando apenas bitrens. A expressão tombo indica que a madeira será descarregada em um dado local, para posteriormente ser transportada até a fábrica por bitrens ou tritrens, conforme item 1 descrito anteriormente.
3. Transporte rodoferroviário 1: o custo é calculado com base na distância do centroide do município, percorrida por bitrem pelas rodovias até o depósito Ferroviário 1, onde a madeira é

descarregada e posteriormente transportada para fábrica pela ferrovia (Figura 5);

4. Transporte rodoferroviário 2: o custo é calculado com base na distância do centroide do município, percorrida por bitrem pelas rodovias até o depósito Ferroviário 2, onde a madeira é descarregada e posteriormente transportada para a fábrica pela ferrovia (Figura 5);
5. Transporte rodomarítimo: o custo é calculado com base na distância do centroide do município, percorrida por tritrem pelas rodovias até o Terminal Marítimo, onde a madeira é descarregada e posteriormente transportada para fábrica por barcaças (Figura 5).

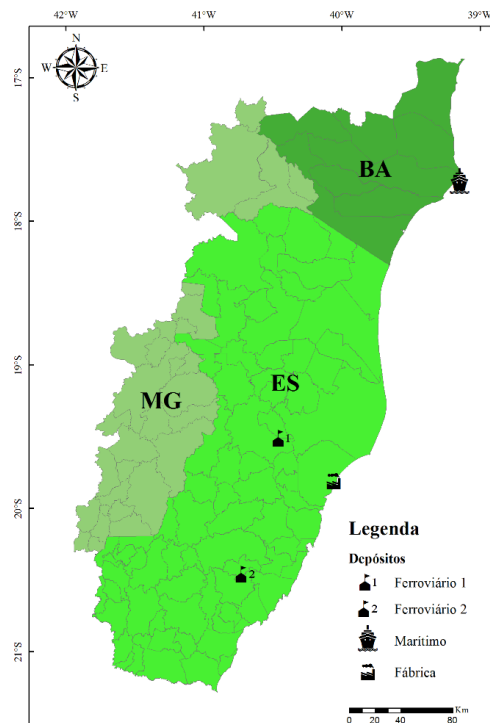


Figura 5 Mapa de localização dos depósitos para os modais de transporte rodoferroviários e rodomarítimo

As tributações estaduais foram introduzidas na composição do custo total da madeira, sendo de R\$0,55/m³ (Espírito Santo) e R\$0,74/m³ (Minas Gerais). No estado da Bahia, essas tributações não são cobradas. Após a composição do custo total da madeira para cada município foi definido um limite de área líquida para plantio, baseado em um estudo realizado pelo Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO, 2015), que classificou as áreas com aptidão para a silvicultura de eucalipto nas diferentes regiões do estado do Espírito Santo.

O estudo do CEDAGRO (2015) considerou aspectos socioeconômicos, legais e ambientais, visando contribuir com o processo de expansão da silvicultura de forma sustentável, bem como dar suporte a planos públicos e privados de desenvolvimento florestal. Além da classificação de aptidão para silvicultura, esse estudo quantificou o percentual da área apta que estava degradada, visando conciliar a expansão do fomento com a conservação do meio ambiente. O percentual de área apta que estava degradada, em cada região do Espírito Santo, definiu o limite de área líquida ou efetiva para plantio em cada município segundo sua região. A referida área foi subdividida de acordo com a declividade do município em áreas planas (até 13°) e áreas inclinadas (acima de 13°). Devido à falta de estudos para os municípios de Minas Gerais e Bahia, adotou-se o percentual médio de área líquida conforme observado para o estado do Espírito Santo, que é de 8,6 %. A área líquida dos estados foram: Espírito Santo 327 mil ha, Bahia 107 mil ha e Minas Gerais 150 mil ha distribuídas em 117 municípios.

Tabela 5 Informações percentuais de área com aptidão para silvicultura nas regiões do Espírito Santo

Regiões	Porcentagem de área para a silvicultura		
	Apta (%)	Degradada (%)	Líquida (%)
Caparaó	69,9	15,9	11,1
Central Serrana	56,5	14,4	8,1
Centro Norte	53,5	6,0	3,2
Centro Oeste	70,1	15,4	10,8
Centro Sul	67,4	18,0	12,1
Extremo Norte	66,8	9,3	6,2
Litoral Sul	65,5	11,9	7,8
Metropolitana	44,8	8,8	3,9
Nordeste	63,2	7,3	4,6
Noroeste	69,1	16,8	11,6
Sudoeste Serrana	62,6	13,8	8,6
Média Geral	64,0	13,4	8,6

Fonte: CEDAGRO (2015)

Alguns municípios do Espírito Santo apresentam leis orgânicas com restrições para plantio de eucalipto em seus territórios. Os municípios de Boa Esperança, Cariacica, Conceição do Castelo, Ecoporanga, Sooretama e Vitória não permitem o plantio de eucalipto. Montanha, por sua vez, permite o plantio em apenas 15 % da sua área, subtraindo as áreas de plantio pertencentes à Fibria e Suzano, já existentes. Marechal Floriano permite o plantio em 30 % da sua área líquida e Pedro Canário em 5 % da sua área total. Já no município de Itaguaçu não se pode plantar eucalipto em áreas com declividade superior a 24°.

A partir da identificação das restrições técnicas, econômicas, legais e produtivas acerca do problema abordado, as mesmas foram formuladas para atender o planejamento tático de médio período de tempo. As restrições de área líquida disponível para plantio estão representadas pela equação (2), em que A_m

são áreas em hectares disponíveis para plantio correspondente à área líquida por classificação de declividade, (M=1: área plana; M=2: área inclinada) do município i , independente do modal k adotado.

$$\sum_i^I \sum_j^J X_{ijk} \leq \sum_m^{M \in i} A_{im}; \forall_i \quad (2)$$

A nova distribuição das áreas a serem fomentadas por contratos novos foi elaborada considerando a demanda de madeira oriunda do fomento, sendo definida pelo Planejamento de Longo Prazo (PLP), para um período de 6 anos (2022 até 2027), conforme Tabela 6.

Tabela 6 Valores da demanda volumétrica anual de madeira sem casca de fomento sem casca pelo Planejamento de Longo Prazo

Ano de colheita (p)	Demanda anual de madeira sem casca (m ³)		
	Bahia	Espírito Santo e Minas Gerais	Total
2022	938.100	2.188.900	3.127.000
2023	1.453.600	2.180.400	3.634.000
2024	1.147.050	1.401.950	2.549.000
2025	418.800	1.675.200	2.094.000
2026	273.600	1.550.400	1.824.000
2027	113.800	1.024.200	1.138.000

Na restrição de produção futura de madeira do fomento (3), ou seja, oferta de madeira no futuro, v_{ijk} corresponde ao coeficiente que representa a produtividade potencial (m³ha⁻¹), a ser considerada no município i no ano j e transportada pelo modal k , V_p é a demanda volumétrica futura de madeira de fomento após os anos de contratação j , sendo $p = j+6$. A madeira produzida na Bahia possui um elevado custo, influenciado, principalmente, pela distância de

transporte. Desta forma, foi estipulada a criação de uma restrição específica para os municípios da Bahia (4), para forçar a redistribuição dos contratos de fomento nessa região, devido a sua necessidade.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K v_{ijk} X_{ijk} \geq V_p; \forall_p \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{I \in BA} \sum_{k=1}^K v_{ijk} X_{ijk} \geq V_p; \forall_p \quad (4)$$

Devido à capacidade de estocagem de madeira nos depósitos foram criadas restrições para os modais de transporte Rodoferroviário e Rodomarítimo, que utilizam os depósitos. No modal rodoviário existem dois tipos de transporte, o direto e o com tombo. No direto, a madeira sai da propriedade rural fomentada e vai para fábrica por bitrem ou tritem; já no transporte com tombo, a madeira vai da propriedade rural fomentada para um ponto de transbordo, onde será descarregada, e, posteriormente, será transportada até a fábrica por bitrens ou tritrens. Nos dois tipos de transporte a capacidade de madeira é ilimitada, já que ela será transportada em sua totalidade para fábrica. O terminal Marítimo e os depósitos de Ferroviário 1 e Ferroviário 2 possuem a capacidade apresentada na

Tabela 7, podendo variar em função da demanda volumétrica.

Tabela 7 Capacidade anual dos depósitos de abastecimento da fábrica

Modal	Depósito	Capacidade (m³.ano⁻¹)
Rodomarítimo	Marítimo	2.300.000,00
Rodoferroviário	Ferroviário 1	300.000,00
	Ferroviário 2	200.000,00

Na restrição de limite máximo de capacidade de estocagem de madeira nos depósitos (5), L_j é a capacidade máxima de estocagem do depósito D , sendo: $D = \{\text{Ferroviário 1, Ferroviário 2 e Marítimo}\}$ no ano j do HP.

$$\sum_{i=1}^I v_{ijk} X_{ijk} = L_j; \forall_i; \forall_{k \in D} \quad (5)$$

Para atender a capacidade das equipes de contratação e renovação de fomentos, por município, em cada ano, foi elaborada uma restrição de capacidade máxima de contratação (6), para um município, em um único ano. Assim, a empresa consegue garantir assistência técnica para os produtores florestais. Em (6), CM_{ij} é a capacidade máxima de contratação em cada município por ano.

$$\sum_{k=1}^K X_{ijk} \leq CM_{ij}; \forall_i; \forall_j \quad (6)$$

Após definidas as restrições de limite de área para plantio, demanda volumétrica futura de madeira, capacidade máxima de estocagem do depósito, que foram consideradas básicas para o estudo, foram estabelecidos 6 cenários para auxiliar na tomada de decisão, conforme consta na Tabela 8. No cenário 1 considerou-se apenas a demanda volumétrica total por ano para abastecimento da fábrica, que poderia ser superior à área líquida, porém, inferior à área total do município. No cenário 2 incorporou-se uma restrição de área líquida por município, limitando a capacidade de contratação em respeito às legislações ambientais e leis orgânicas. A estrutura do cenário 3 foi semelhante à do cenário 2, porém a restrição de demanda volumétrica foi por estado. No cenário 4 inseriu-se uma restrição para forçar a ativação do modal rodomarítimo, de

acordo com a capacidade do depósito marítimo. Já no cenário 5 forçou-se a ativação de todos os modais, conforme a capacidade de seus respectivos depósitos. E por fim, no cenário 6 implementou-se a restrição de capacidade de contratação, para garantir a assistência técnica aos produtores com qualidade.

Tabela 8 Cenários para auxiliar nas estratégias do Programa de Poupança Florestal da Fibria

Cenário	Equações
1	1, 3
2	1, 2, 3
3	1, 2, 4
4	1, 2, 4, 5 (D={Marítimo})
5	1, 2, 4, 5 (D={Ferroviário 1 e 2, Marítimo})
6	1, 2, 4, 5 (D={Ferroviário 1 e 2, Marítimo}), 6

Os cenários foram avaliados tomando como base o custo total da função objetivo, o custo médio por m³ de madeira, o raio médio de transporte, o tempo de processamento do modelo e a viabilidade de implementação do plano de contratação, seguindo a orientação dos gestores da empresa. Assim, para ampliar o número de alternativas possíveis e escolher o melhor cenário, realizou-se uma análise de sensibilidade, utilizando-se o conceito de custo reduzido (*reduced cost*). Esse conceito indica o quanto deve ser melhorado no coeficiente da função objetivo (custo de produção de madeira por município) para que uma dada variável de decisão faça parte da solução ótima, ou seja, pertença à solução básica. Trata-se de uma análise de pós otimização, que permite ampliar as opções de municípios onde a empresa pode atuar, pois os que não foram ativados na contratação do fomento, ainda podem ser inseridos no projeto de fomento, desde que atendam a um dado nível de custo.

Após definir o melhor cenário, realizou-se uma análise sobre a influência da taxa de câmbio na lucratividade da celulose proveniente de madeira de fomento, considerando preços e taxas de mercado, conforme Tabela 9.

Tabela 9 Base de dados para variação da taxa cambial para análise da sua influência na lucratividade

	Itens	Valores
Madeira	Custo médio da madeira (R\$/m ³)	143,01
	Produtividade média (m ³ /ha)	213,16
	Custo total da produção de madeira (R\$/ha)	30.483,99
Celulose	Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,00 - 4,50
	Fator de conversão madeira(m ³)/celulose(ton)	3,45
	Tonelada de celulose produzida (ton/ha)	61,79
	Preço da tonelada de celulose (US)	591,59
	Custo médio de produção da celulose em relação ao custo total % (apenas o processo fabril)	64,60

Fonte: Fibria Celulose (2016)

Após selecionar o melhor cenário, compararam-se os resultados obtidos para o ano 1 do HP e os resultados obtidos por meio de uma indicação de contratação/renovação definido pela empresa.

Os modelos de otimização foram resolvidos pelo software Lingo 15.0 versão acadêmica em um computador com processador Intel® Core™ i5-5200U CPU 2,20 GHz e 8 GB de memória RAM.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cenários apresentaram tempos de processamento muito semelhantes, muito rápidos, com tempo médio de processamento de 0,5 s e 4.212 variáveis de decisão por cenário. Essa agilidade de processamento mostra a flexibilidade do modelo, podendo ser utilizado pela empresa na criação de cenários para tomada de decisão a qualquer momento, sem demandar o bem mais escasso nos dias atuais, o tempo. Os resultados obtidos para comparação entre os cenários no primeiro ano de contratação foram demonstrados, conforme Figura 6. Os cenários para os demais anos de contratação encontram-se em Anexos.

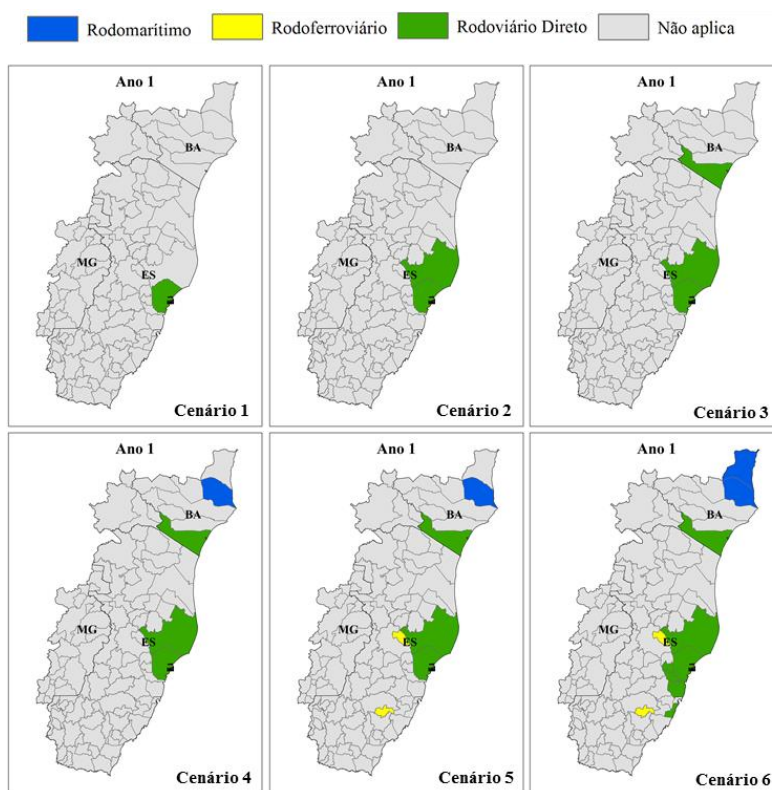


Figura 6 Cenários gerados para o primeiro ano de contratação, considerando a expansão/renovação de contratos de fomento

No cenário 1 ficou evidente a alta influência do custo de transporte na composição do custo total da madeira, uma vez que quando se utiliza apenas a restrição de demanda volumétrica, a indicação de contratação/renovação de fomentos ocorre apenas no município de localização da fábrica. Este cenário apresentou o menor valor da função objetivo, ou seja, menor custo médio por m³ de madeira, devido ao menor raio médio de transporte (Tabela 10).

Tabela 10 Análise dos cenários de planejamento tático para contratação/renovação de fomento

Cenário	Custo total da madeira (R\$)	Aumento do custo (%)	Custo da madeira (R\$m ⁻³)	Distância Média de transporte (km)	Número de municípios ativados	Área total de fomento (ha)
1	811.005.500	-	111,60	45	1	63.270
2	903.080.100	11,4	125,07	111	29	70.509
3	929.130.800	14,6	128,27	142	20	71.535
4	998.149.200	23,1	137,48	160	21	69.390
5	1.035.923.000	27,7	142,74	161	22	67.318
6	1.039.208.000	28,1	143,01	163	24	67.395

Nos cenários 2 e 3 aumentou-se o número de municípios para contratação/renovação de fomentos, indicando o modal rodoviário direto para transporte da madeira até a fábrica. Este resultado demonstra a maior atratividade econômica do transporte rodoviário, em relação aos transportes ferroviário e marítimo. Segundo Machado, Lopes e Birro (2009), no Brasil, o transporte florestal é realizado principalmente pelo modal rodoviário, devido ao histórico e tendência nacional. Existem ainda outros fatores que contribuem para esta situação, tais como extensa malha viária, oferta de diferentes tipos de veículos e baixo valor de instalação quando comparado a outros modais existentes.

Estudos recentes sobre o transporte marítimo o coloca em uma posição de alta competitividade comparado aos outros modais. No Brasil, em média, o frete chega a ser 40% mais barato do que o transporte rodoviário para um trecho com mesma distância (NASCIMENTO, 2012). No presente estudo, os resultados foram contraditórios devido ao elevado custo fixo (estrutural) do modal rodomarítimo, responsável pelo alto custo desse transporte comparado ao modal rodoviário direto. A competitividade deste modal pode ser facilitada aumentando o número de barcas no modal rodomarítimo, onde o fluxo de movimentação de volume de madeira seria ampliado, diluindo o custo fixo, e conseqüentemente, reduzindo o custo de transporte.

Para viabilizar economicamente os modais rodoferroviários seria necessária uma redução do custo da madeira em 23% e para viabilizar o modal rodomarítimo a redução deveria ser ainda maior, de 36%, considerando o cenário 3. De acordo com Monié e Vidal (2006), a ausência de políticas nacionais para fomentar o incentivo ao uso de modais de transporte alternativos conferiu um caráter fragmentado na expansão destes modais no Brasil. A criação de uma nova cultura logística é um desafio central na definição de políticas públicas inovadoras para transformação de modais de transporte alternativos em vetores de desenvolvimento. Dessa forma, reduz o fluxo de veículos nas rodovias e conseqüentemente traz benefícios sociais, ambientais e econômicos.

A ativação do modal rodomarítimo aconteceu a partir do Cenário 4, em que foi forçada a ativação deste modal para atender a demanda do Planejamento de Longo Prazo no depósito Marítimo. A ativação de municípios, em que o transporte será realizado pelo modal rodomarítimo, aumentou significativamente o custo de produção da madeira. Segundo Caxito (2011), em contrapartida aos custos, o modal rodomarítimo apresenta algumas vantagens comparado ao rodoviário, tais como poluição reduzida, maior segurança e capacidade de carga.

O transporte ferroviário corresponde a 24% da carga transportada no Brasil, enquanto o transporte rodoviário detém 59% (ALVES et al., 2013). No cenário 5, com a ativação dos modais rodoferroviários, foi possível aumentar o número de municípios com possibilidade de contratação/renovação de fomentos. Este modal mostrou-se mais competitivo que o modal rodoviário com tombo em 9%. O mesmo força a utilização dos depósitos, porém não ativou o transporte pelas rodovias com descarregamento e carregamento nos depósitos. Desta forma, indica-se o modal rodoferroviário para o transporte da madeira em áreas inclinadas com aptidão ferroviária. O custo médio de madeira sem casca foi de R\$142,74·m⁻³ para o cenário 5 (Tabela 10).

Já no cenário 6, para a garantia de uma assistência técnica apropriada, restringiu-se a contratação/renovação de fomento em 2.000 ha por ano, em cada município. Nesse caso, obteve-se um aumento no custo global da função objetivo em apenas 0,4%, o que representou um valor absoluto de R\$0,27·m⁻³. Nesse caso, pode-se avaliar o custo de se contratar novos técnicos e qual o valor a ser repassado nos contratos, para que não se tenha perdas econômicas. Em todos os cenários analisados constatou-se que a madeira produzida no estado do Espírito Santo é mais barata comparando com Minas Gerais e Bahia, fato explicado pelo diferencial do custo logístico.

O valor do custo total da madeira ao longo dos 6 anos aumentou de acordo com a ordem crescente dos cenários (Tabela 10). O cenário 2 foi 11,4% mais caro em relação ao cenário 1, o cenário 3 ficou 14,6% mais caro também em relação ao cenário 1 e assim, sucessivamente. As elevações de custos mais significativas aconteceram entre os Cenários 1 e 2, em que a contratação/renovação de fomentos saiu de um único município (sede da empresa) para 29 municípios, e entre os Cenários 3 e 4 em que foi forçada a ativação do modal rodomarítimo, com elevado custo de transporte da madeira.

O custo médio de produção da madeira e a distância média seguiram a mesma tendência do valor da função objetivo.

A redução do custo da madeira posto fábrica está intimamente ligada à visão de lucratividade da empresa. O cenário atual do mercado de celulose está bastante favorável ao Brasil, em função do diferencial de custo (menor custo de produção de celulose de fibra curta do mundo) e favorecido pela taxa cambial (BANCO BRADESCO, 2016). Em janeiro de 2016, a produção brasileira de celulose atingiu 1,6 milhão de toneladas, alta de 9,2% em relação ao mesmo período de 2015, quando foram produzidas 1,5 milhão de toneladas (IBA, 2016).

A variação cambial influencia diretamente na lucratividade da venda de celulose. Avaliando o cenário 6 em que o custo da produção de madeira por hectare foi R\$30.483,00, a lucratividade na venda da celulose ficou positiva a partir de uma taxa de câmbio igual a R\$2,35. Considerando o cenário atual em que o valor do dólar está aproximadamente em R\$4,00, o lucro na venda da celulose produzida utilizando a madeira do fomento aumenta significativamente, chegando a uma receita líquida de R\$ 21.327,00 (70%) conforme Figura 7.

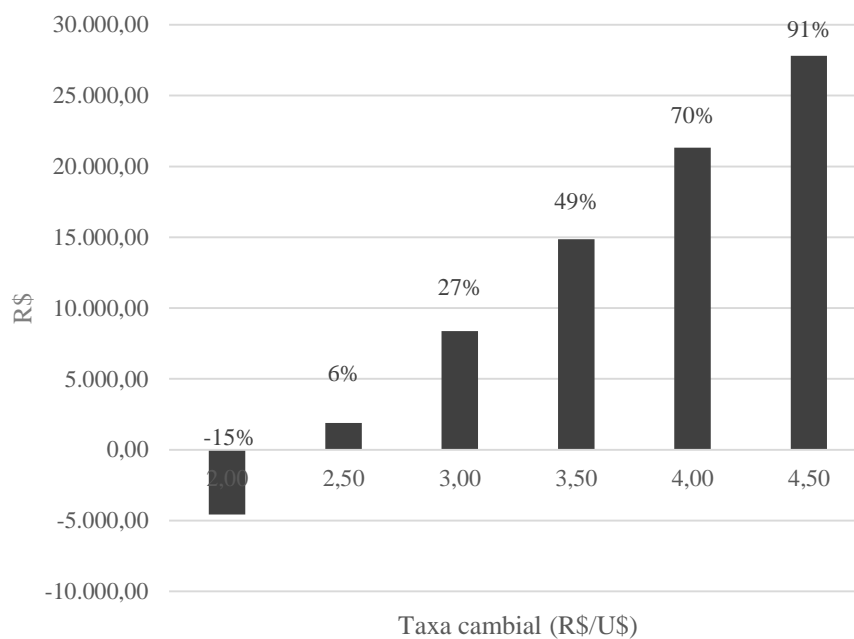


Figura 7 Lucratividade da venda de celulose em função da variação cambial

A área a ser contratada/renovada de fomento por ano do HP em cada cenário pode ser visualizada na Figura 8. Houve uma pequena variação de área entre os cenários devido à ativação de diferentes municípios com capacidades produtivas diferentes. Nos cenários 1, 2 e 3, o único modal de transporte ativado foi o rodoviário direto, já no cenário 4 ativou-se o modal rodomarítimo e nos cenários 5 e 6 foram ativados todos os modais de transporte, com exceção do modal rodoviário com tombo. A partir do quarto ano do HP, a previsão de área para plantio pelo PLP diminuiu, pois considera ganhos de produtividade a partir de melhoramento genético para as florestas próprias, reduzindo a demanda de uma madeira mais cara como a de fomento.

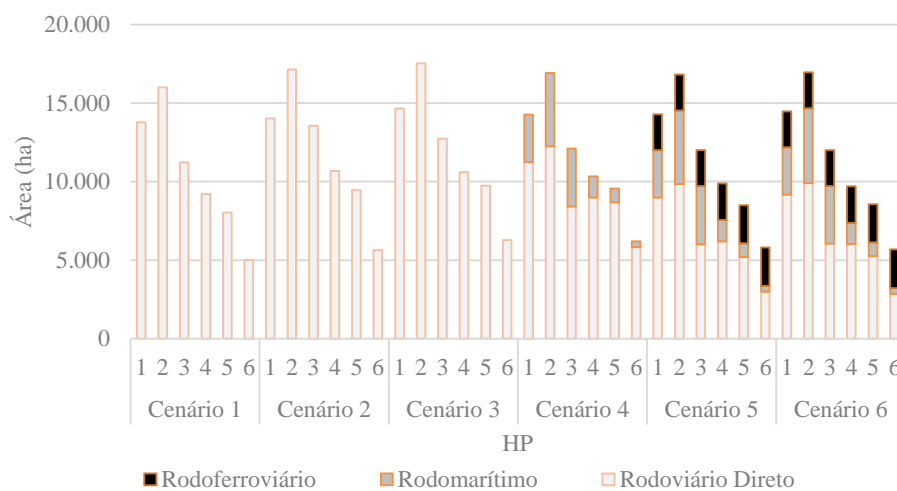


Figura 8 Área a ser contratada/renovada de fomento por ano do HP em cada cenário

Apesar do maior custo, o cenário 6 é o que mais se aproxima da realidade da empresa, garantindo um bom relacionamento com o poder público e municípios. Neste cenário foram ativados 24 municípios com diversificação no transporte da madeira, ativando os modais rodoviário direto, rodoferroviário e rodomarítimo, o que garante uma maior rede de empregos.

Uma alternativa para ampliar o número de municípios no fomento é por meio da redução de seus custos de produção de madeira a taxas definidas pela análise do custo reduzido, na pós otimização. Assim, fixando o cenário 6, o mais realista, percebe-se a existência de municípios potenciais e não potenciais de serem trabalhados no fomento, conforme exemplo descrito na Tabela 11. Os potenciais indicam uma redução mínima no custo da madeira, para serem ativados, já os não potenciais a taxa de redução chega a valores inviáveis e próximos de 100%. Esta mudança no valor do custo ainda permite alterar os tipos de modais ativos. Como exemplo, os municípios 2 e 36 possuem um potencial de contratação de fomento para determinado modal de transporte,

podendo se tornar inviável para outro modal, mesmo com a redução do preço da madeira (Tabela 11).

Tabela 11 Percentual de redução média no preço da madeira para tornar o município viável economicamente por modal de transporte para alguns municípios

Município	Tipo de modal	Redução no preço total da madeira produzida (%)
2	Rodoviário Direto	18
	Rodomarítimo	5
10	Rodoviário com tombo	95
	Rodoviário direto	13
	Rodoferroviário	21
36	Rodoviário com tombo	94
	Rodoviário direto	18
	Rodoferroviário	9
42	Rodoviário com tombo	98
	Rodoviário direto	10
46	Rodoviário com tombo	49
	Rodoviário direto	3
49	Rodoviário com tombo	108
	Rodoviário direto	30
88	Rodoviário com tombo	90
	Rodoviário direto	25
	Rodoferroviário	10
114	Rodoviário com tombo	149
	Rodoviário direto	60

Conforme mostra a Tabela 11, os municípios 49 e 114 não são viáveis para expansão do fomento em áreas inclinadas, com a necessidade do transporte Rodoviário com tombo. Para que esses municípios sejam viáveis, o preço a ser pago pela madeira deve ser reduzido em 60% para o município 114 e em 30%

para o município 49 considerando o transporte da madeira pelo modal rodoviário direto. Essa redução no preço pode tornar o contrato inviável para o produtor rural, não concretizando a negociação entre as partes envolvidas. Já para outros municípios, como o município 2, a negociação entre a empresa e o produtor rural pode ser facilitada, pois se o preço a ser pago pela madeira reduzir em apenas 5%, considerando o modal rodoviário para transporte da madeira, o município torna-se atrativo para a empresa.

No município 46, uma redução de 3% no preço da madeira faz sentido, já que este município possui uma área plana apta para plantio e fica a 128 km da fábrica, sendo 35 km menor que a distância média de transporte do cenário 6. Já no caso do município 114, é necessário reduzir 149% no preço considerando o transporte com tombo, o que torna o município inviável utilizando este modal, já que suas áreas são distantes e íngremes. Para ativação dos municípios considerando o modal rodoviário com tombo, na grande maioria destes, seria necessária uma redução do preço da madeira em mais de 50%. Dessa forma, inviabilizaria a prática da silvicultura para os produtores rurais (Figura 9), onde foram espacializadas as taxas de redução do preço da madeira por modal de transporte para o cenário 6.

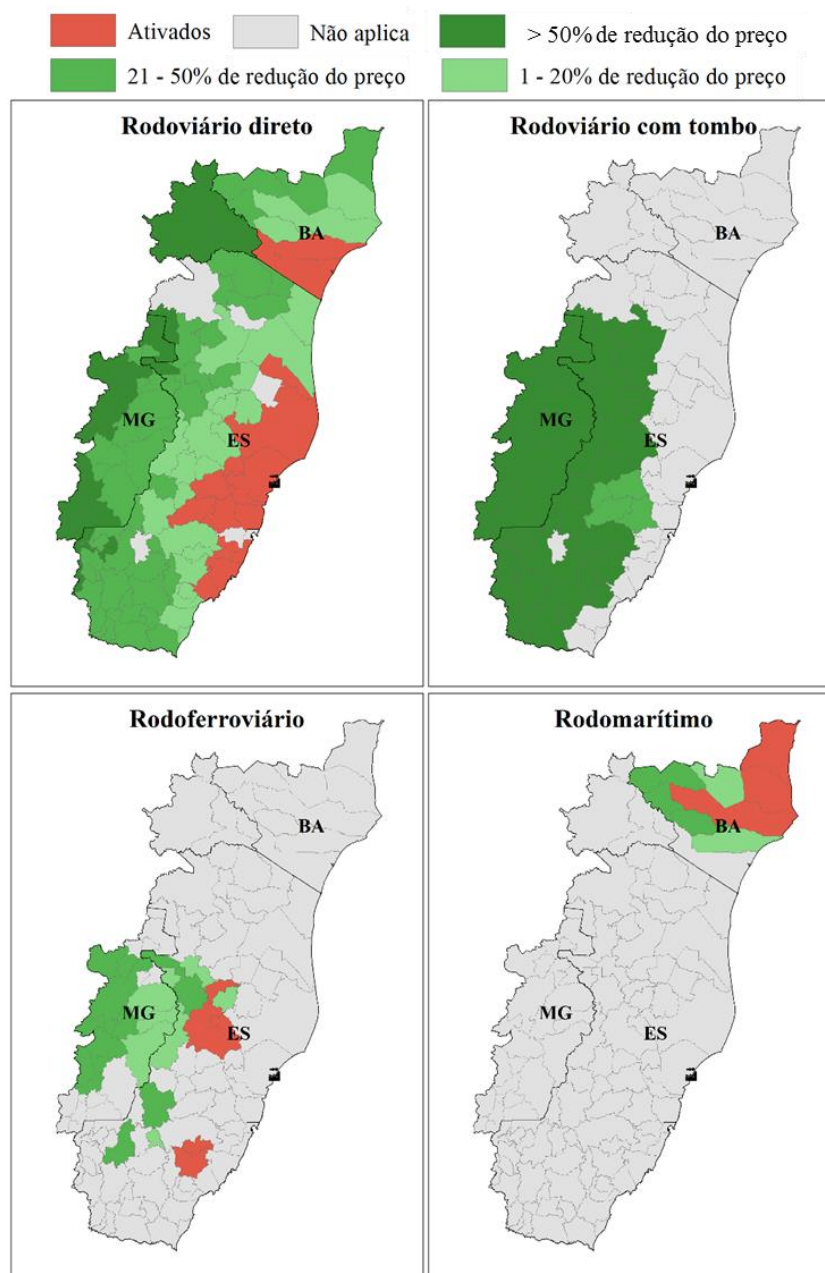


Figura 9 Mapa das taxas de redução do preço da madeira por modal de transporte tornando o município viável economicamente para o cenário 6

A previsão de contratação/renovação de fomento embasada nas experiências dos técnicos (cenário empírico), para o primeiro ano de contratação foi comparada com a previsão gerada pelo modelo no cenário 6, conforme Figura 10.

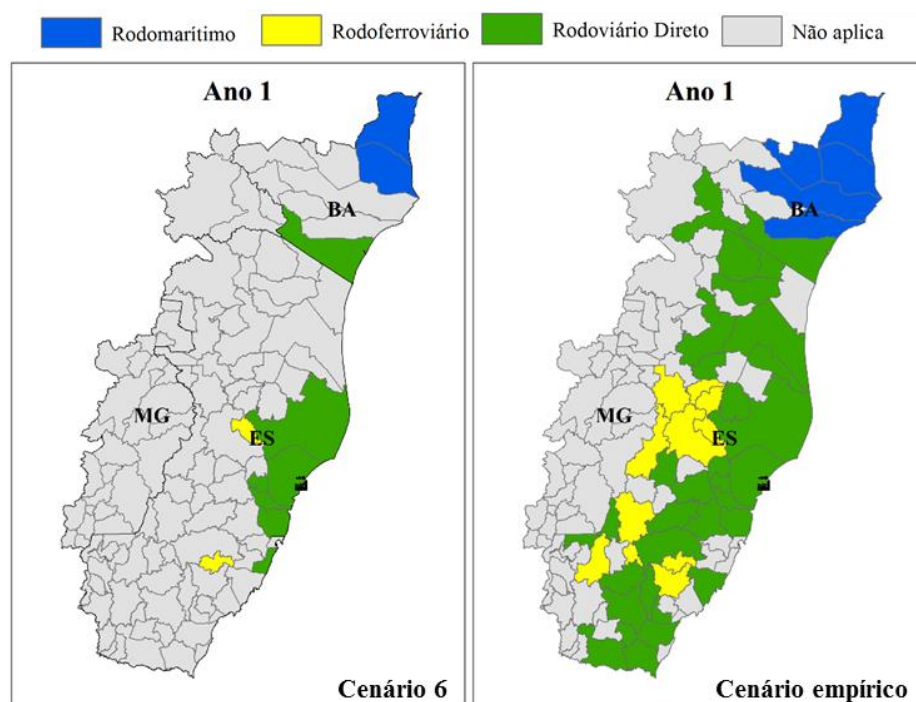


Figura 10 Comparação entre o ano de contratação 1 no cenário 6 e a previsão de contratação/renovação de fomento pelos técnicos para este ano (cenário empírico)

Observa-se que no cenário empírico há um elevado número de municípios, o que dificulta as operações na empresa, já que o raio de atuação seria de 205 km. Essa previsão foi baseada no histórico de contratação nos municípios de atuação da empresa, já reduzidos de 111 para 48, suprimindo a demanda volumétrica proposta pelo PLP e ampliando distribuição de renda. Esse

cenário empírico dificulta o planejamento de alocação das equipes durante a contratação/renovação de fomento, impactando ainda na logística de prestação de assistência técnica. Por outro lado, o resultado do cenário 6 indicou um comportamento contrário ao do cenário empírico, sendo mais viável ao concentrar em um pequeno número de municípios. A distribuição espacial dos municípios concentrou-se ao redor da fábrica, formando blocos homogêneos de contratação/renovação de fomento e, com isso, reduzindo o custo de produção da madeira em 9,2% e o deslocamento médio de transporte em 56 km. A comparação entre os cenários encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12 Comparação entre os cenários de planejamento tático para contratação/renovação de fomento e o previsto pela empresa

Cenário	Custo total (R\$)	Redução do custo (%)	Custo da madeira (R\$m ⁻³)	Distância média (km)
Empírico	478.205.555	-	152,93	205
1	348.971.628	-27,0	111,60	45
2	354.847.217	-25,8	113,48	62
3	380.377.851	-20,5	121,64	111
4	409.810.302	-14,3	131,06	131
5	429.107.912	-10,3	137,23	140
6	434.130.286	-9,2	138,83	149

Rezende et al. (2006) e Rode et al. (2015) simularam diferentes cenários testando a viabilidade de plantios florestais com fomento e confirmaram que a compra da madeira em pé se mostrou mais atrativa, quando comparada a outras modalidades, reduzindo o custo da madeira posto fábrica e validando a lógica de compra de madeira em pé do presente estudo.

O trabalho trouxe uma característica de prospecção proativa para o fomento, em que a empresa buscaria os produtores rurais nas regiões mais

atrativas, ao contrário do que acontece hoje, onde produtores de regiões dispersas fazem contato com a Fibria, buscando a parceria.

6 CONCLUSÕES

O modelo matemático mostrou-se eficiente, eficaz e flexível para gerar cenários que auxiliam os gestores da empresa a tomar decisão, considerando restrições ambientais e propondo alternativas como a precificação da madeira diferenciada de acordo com a localização do município e uma redução no custo de produção da madeira de fomento.

A partir da análise dos 6 cenários para redistribuição das áreas de atuação do fomento, concluiu-se que o Cenário 6 foi o mais adequado, devido à avaliação da viabilidade de implementação do plano de contratação/renovação orientado pelos gestores da empresa.

A madeira produzida no estado do Espírito Santo tem custo menor que a produzida em Minas Gerais e Bahia, o que é explicado pelo diferencial de custo logístico.

O resultado do Cenário 6 para o primeiro ano do HP indicou um comportamento contrário ao do cenário definido pela empresa, sendo mais viável ao concentrar em um número reduzido de municípios. Os municípios se concentraram espacialmente ao redor da fábrica, formando blocos homogêneos de contratação/renovação de fomento, o que proporcionou a redução do custo de produção da madeira em 9,2% e o deslocamento médio de transporte em 56 km.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. T. et al. Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 897-904, set./out. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013. 146 p.

BANCO BRADESCO. **Papel e celulose**: janeiro 2016. Osasco: Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos, 2016. 95 p.

BANCO DA AMAZÔNIA. **Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas – PROPFLORA**. Disponível em: <www.basa.com.br/index.php/ro-menu-empresa/39-financiamento-empresa/225-programa-de-plantio-comercial-e-recuperacao-de-florestas-propflora>. Acesso em: 17 nov. 2014.

BANCO DO BRASIL. **Agronegócio**: Pronaf Florestal. Disponível em: <www.bb.com.br/portalbb/page251,8623,10818,0,0,1,1.bb?codigoMenu=11724&codigoNoticia=335>. Acesso em: 17 nov. 2014.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Programa de Estímulo à Produção Agropecuária Sustentável – PRODUSA**. Rio de Janeiro, 2011. 15 p. (Circular Seagri, 8). Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/Circ008_11_SEAGRI.pdf>. Acesso em 10 nov. 2014.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Pronaf Eco**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/pronaf_eco.html>. Acesso em: 17 nov. 2014.

BASKENT, E. Z.; JORDAN, G. A. Spatial wood supply simulation modelling. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v. 67, n. 6, p. 610-621, Dec. 1991.

BASKENT, E. Z.; KELES S. Spatial forest planning: a review. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 188, n. 2-4, p. 145-173, Nov. 2005.

BOSTON, K.; BETTINGER, P. Development of spatially feasible forest plans: a comparison of two modeling approaches. **Silva Fennica**, Helsinki, v. 35, n. 4, p. 425-435, Oct. 2001.

CANTO, J. L. do et al. Avaliação das condições de segurança do trabalho na colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no Estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 513-520, 2007.

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

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

CAXITO, F. **Logística**: um enfoque prático. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2011. 328 p.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO. **Relatório interno indisponível para consulta**: áreas com aptidão para a silvicultura de eucalipto nas diferentes regiões do estado do Espírito Santo. Vitória: CEDAGRO, 2015. 175 p.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do eucalipto**: oportunidades para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: CIB, 2008. 20 p.

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

DIESEL, V. et al. Os impactos sociais dos programas de fomento florestal. **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, v. 13, p. 119-146, 2006. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/extensaorural/article/view/5607>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

DOSSA, D. et al. **Produção e rentabilidade do eucaliptos em empresas florestais**. Concórdia: Embrapa Florestas, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 83).

FAE BUSINESS. O mercado de papel e celulose. **Revista FAE BUSINESS**, n. 1, p. 44-45, nov. 2001.

FIBRIA CELULOSE. **Fibria**. Disponível em: <<http://www.fibria.com.br/>>. Acesso em: 1 fev. 2016.

FISCHER, A.; ZYLBERSZTAJN, D. O fomento florestal como alternativa de suprimento de matéria-prima na indústria brasileira de celulose. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 72, n. 2, p. 494-520, maio/ago. 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Estatística da indústria brasileira de árvores**: fevereiro de 2016. Brasília, 2016. 7 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Indústria Brasileira de Árvores**: 2015. Brasília, 2015. 80 p.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Silvicultura**. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/pedeag/setores11.htm>>. Acesso em: 2 nov. 2014.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. 2. ed. Viçosa, MF: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 167 p.

MACHADO, C. C. et al. Avaliação do desempenho logístico do transporte rodoviário de madeira de áreas de fomento florestal com o uso de rede de Petri. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1159-1167, 2009.

MONIÉ, F.; VIDAL, S. M. do S. C. Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva. **RAP**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 6, p. 975-995, nov./dez. 2006.

MONTEBELO, A. E. S.; BACHA, C. J. C. Impactos da reestruturação do setor de celulose e papel no Brasil sobre o desempenho de suas indústrias. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 109-137, jan./mar. 2013.

NASCIMENTO, M. V. Proteção e liberalização no transporte marítimo de cabotagem: o uso da regulação nos mercados canadense e brasileiro. **Journal of Transport Literature**, v. 6, n. 4, p. 228-234, out. 2012.

ÖHMAN, K.; ERIKSSON, L.O. Aggregating harvest activities in long term forest planning by minimizing harvest area perimeters. **Silva Fennica**, Helsinki, v. 44, n. 1, p. 77-89, Jan. 2010.

OLIVEIRA, P. R. S. de; VALVERDE, S. R.; COELHO, F. M. G. Aspectos de relevância econômica no fomento florestal a partir da percepção dos produtores rurais envolvidos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 593-602, 2006.

PRESTES, J. A. P. O amadurecimento do fomento florestal: há espaço para ideias, inovações e bem-estar. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 37, p. 12-15, set./dez. 2014.

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

RODE, R. et al. Comparação da regulação florestal de projetos de fomento com áreas próprias de empresas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 81, p. 11-19, jan./mar. 2015.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro nacional de florestas públicas atualização 2014**. Brasília, 2014. 1 p. Disponível em: <<http://www.florestal.es.gov.br/>>. Acesso em: 1 fev. 2016.





SILVA, F. L. da et al. Estudo da relação de confiança em programa de fomento florestal de indústria de celulose na visão dos produtores rurais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 723-732, 2009.

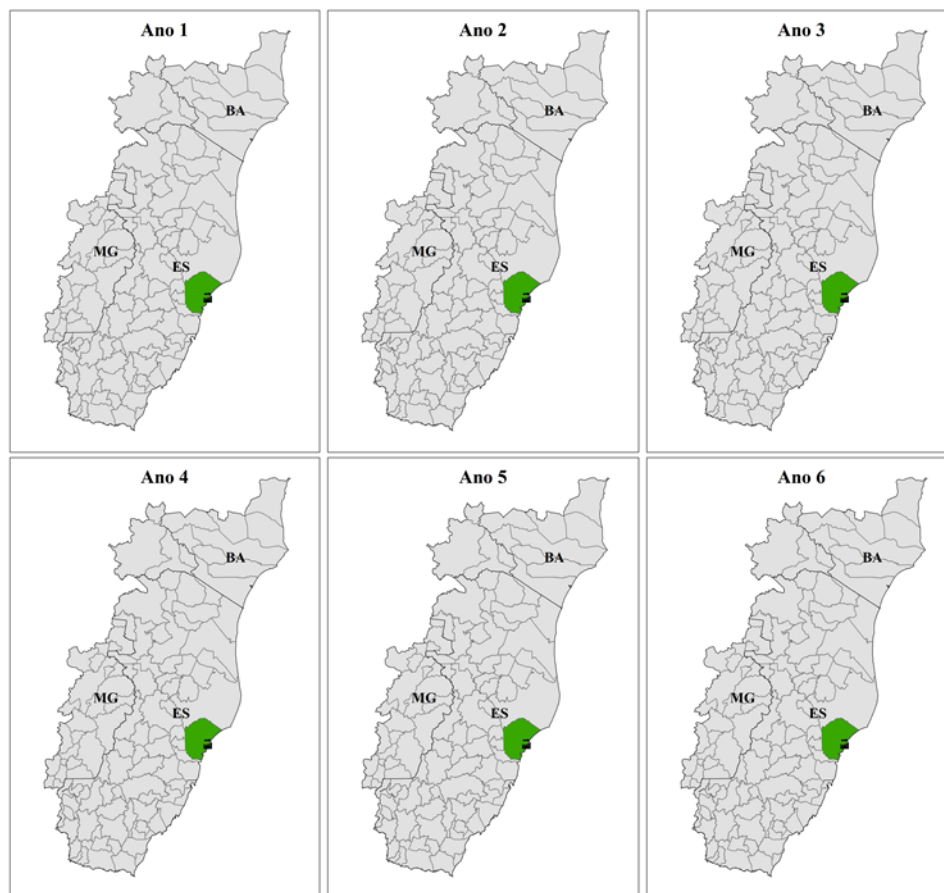
SOUZA, U. R. de et al. Determinantes dos novos contratos de fomento florestal na mesorregião do Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 377-386, 2009.

VALDETARO, E. B. et al. Contribuição dos créditos de carbono na viabilidade econômica dos contratos de fomento florestal no sul da Bahia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 1307-1317, 2011.

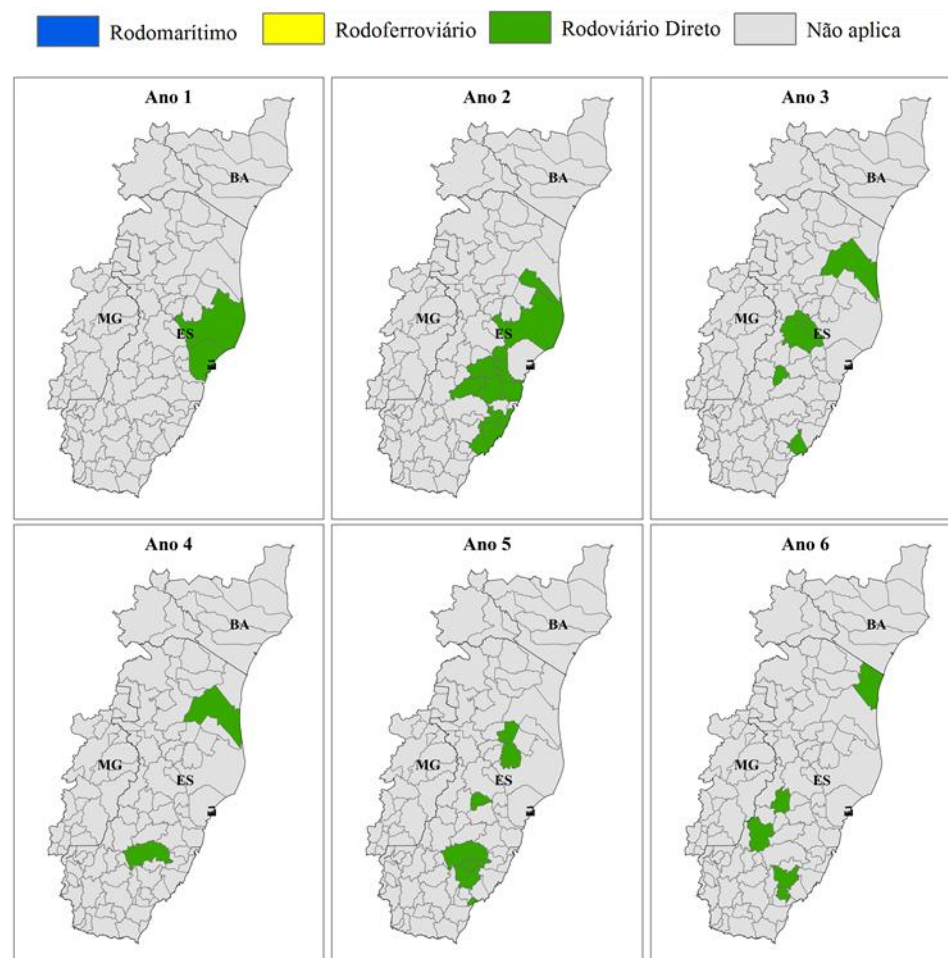
ANEXOS

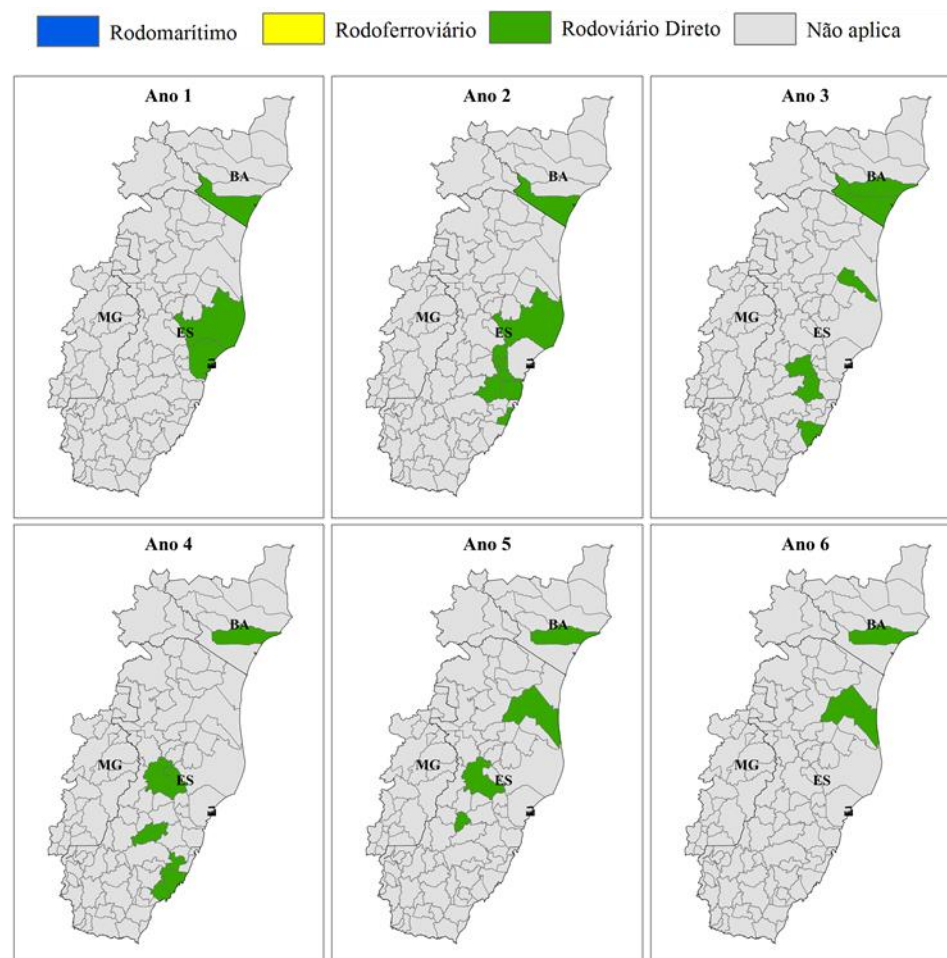
ANEXO A - MUNICÍPIOS ATIVADOS POR ANO PARA CONTRATAÇÃO/RENOVAÇÃO DE FOMENTO NO CENÁRIO 1

 Rodomarítimo  Rodoferroviário  Rodoviário Direto  Não aplica

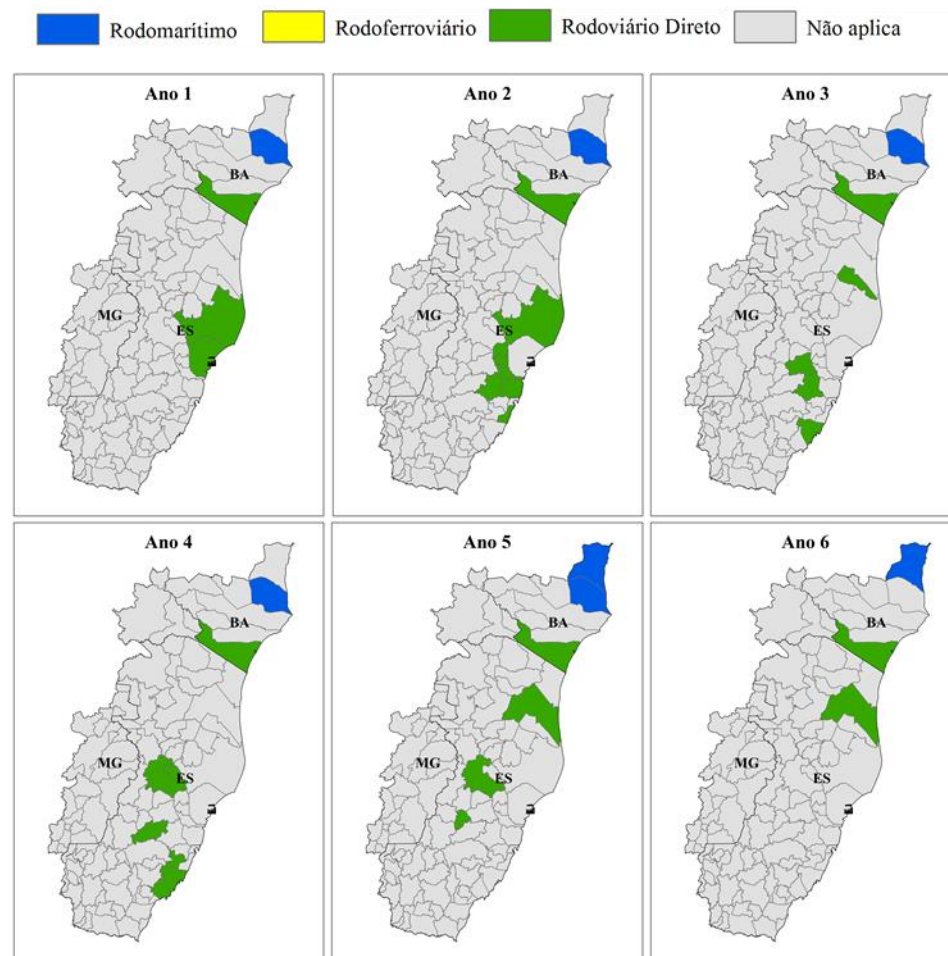


ANEXO B - MUNICÍPIOS ATIVADOS POR ANO PARA CONTRATAÇÃO/RENOVAÇÃO DE FOMENTO NO CENÁRIO 2

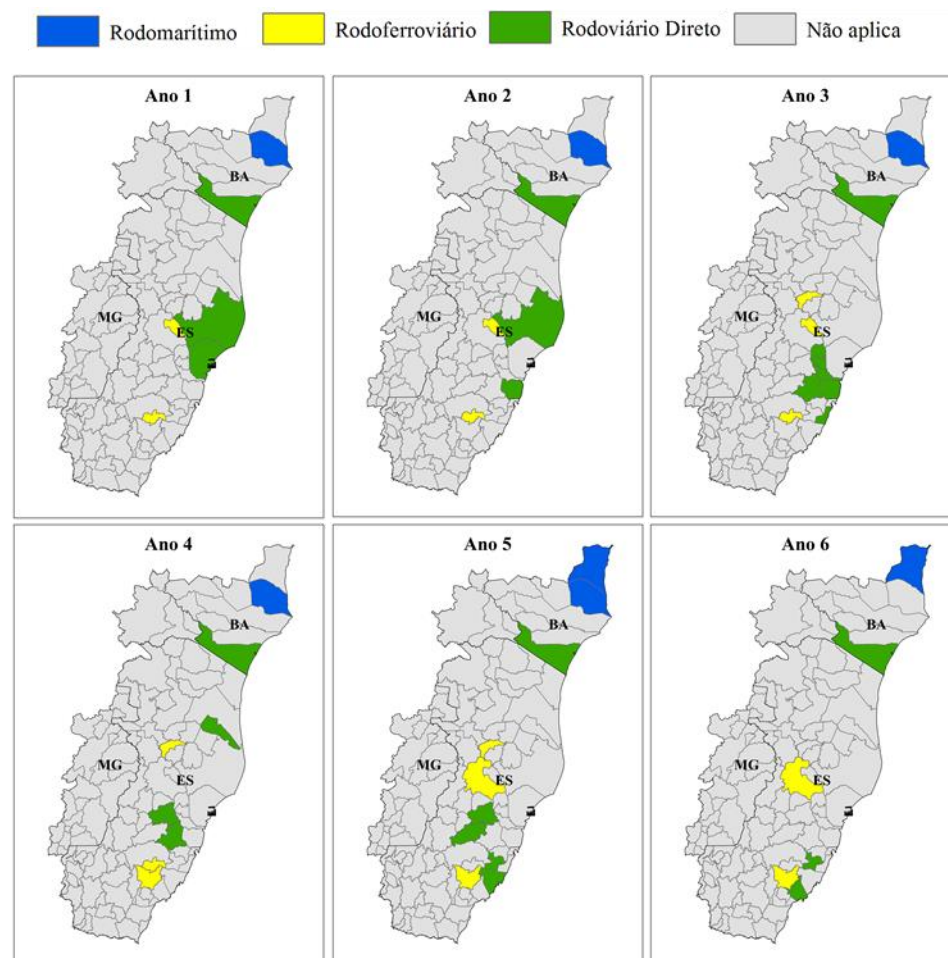


ANEXO C - MUNICÍPIOS ATIVADOS POR ANO PARA CONTRATAÇÃO/RENOVAÇÃO DE FOMENTO NO CENÁRIO 3

ANEXO D - MUNICÍPIOS ATIVADOS POR ANO PARA CONTRATAÇÃO/RENOVAÇÃO DE FOMENTO NO CENÁRIO 4



ANEXO E - MUNICÍPIOS ATIVADOS POR ANO PARA CONTRATAÇÃO/RENOVAÇÃO DE FOMENTO NO CENÁRIO 5



ANEXO F - MUNICÍPIOS ATIVADOS POR ANO PARA CONTRATAÇÃO/RENOVAÇÃO DE FOMENTO NO CENÁRIO 6

